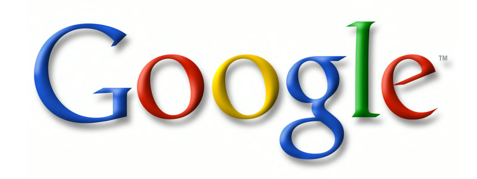
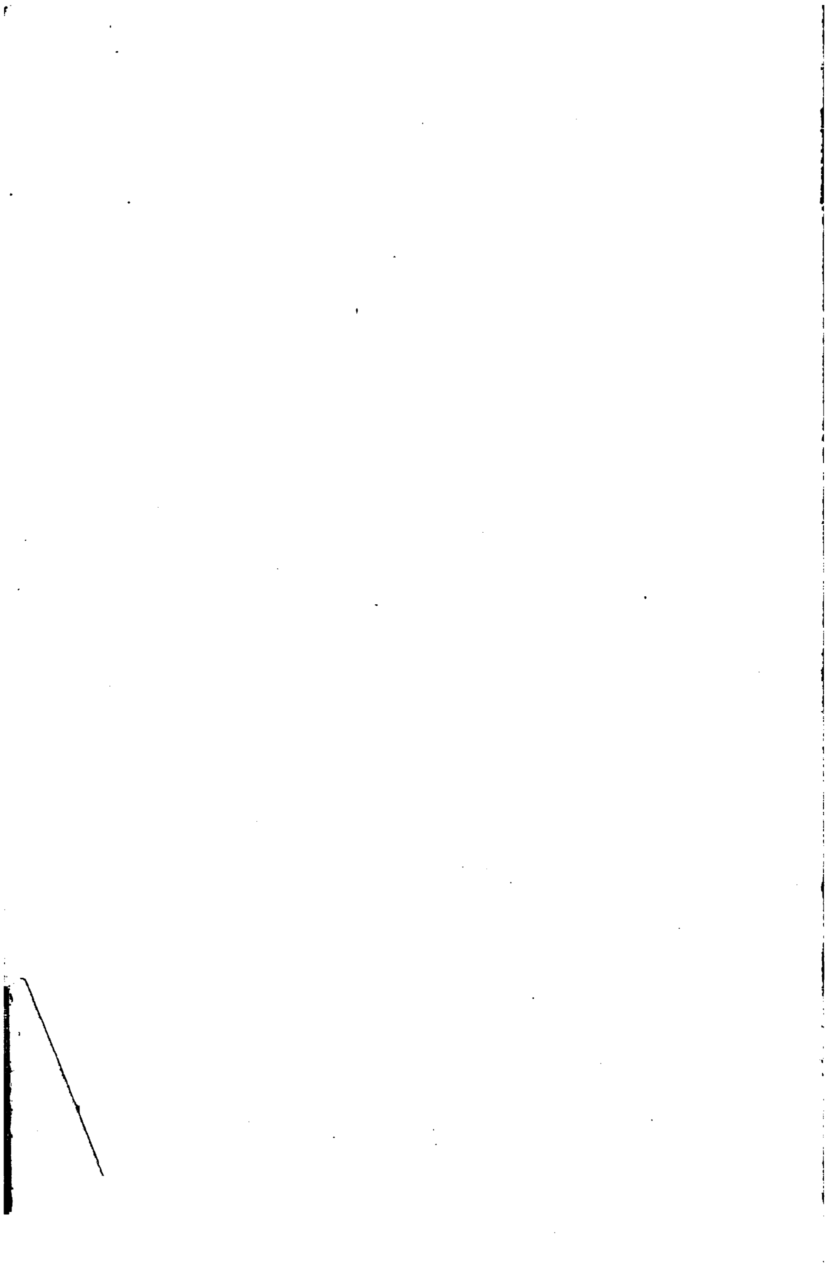

Google

G. L. Spencer
113 Water St
New York

A Monsieur G. Spencer
Hommage amical
des auteurs
Ch. Gallois et F. Dupont



ASSOCIATION

DES

CHIMISTES DE SUCRERIE ET DE DISTILLERIE

DE FRANCE ET DES COLONIES

Siège social : 10, rue de Louvois, Paris.

Président : M. Ch. Gallois. — *Vice-présidents* : MM. E. Durin, chimiste, et Pagnoul, Directeur de la Station agronomique à Arras. — *Secrétaire général* : M. F. Dupont, chimiste, 37, rue de Dunkerque, Paris. — *Secrétaire adjoint* : M. A. Dubacle, publiciste. — *Trésorier* : M. H. Tardieu, ingénieur.

L'Association publie un *Bulletin* technique paraissant le 1[er] de chaque mois. Pour faire partie de l'Association et pour tout ce qui concerne le *Bulletin*, écrire au Secrétaire général.

Cotisation annuelle : 20 francs.

SYNDICAT DES FABRICANTS DE SUCRE DE FRANCE

Siège social : 7, rue des Filles-Saint-Thomas, Paris.

Président : M. Bernot. — *Président honoraire* : M. Georges. — *Vice-Présidents* : MM. Macherez et Bernot. — *Trésorier* : M. Vavin. — *Secrétaire Général* : M. Garry. — *Vice-Secrétaires* : MM. Eclancher et Lalanne. — *Agent général du Syndicat* : M. Domergue.

SYNDICAT DES DISTILLATEURS FRANÇAIS

Siège social : 67, rue de Richelieu, Paris.

Président : M. Porion, de Wardrecques. — *Vice-Président* : M. Boniface. — *Secrétaire Trésorier* : M. E. Durin.

SYNDICAT DE LA DISTILLERIE AGRICOLE

Siège social : 46, Boulevard Richard-Lenoir, Paris.

Président : M. Muret. — *Président honoraire* : M. Champonnois, — *Vice-Présidents* : MM. L. Beauchamp et Vincent Pluchet. — *Secrétaires* : MM. Paul Barbier et Bonaterre. — *Trésorier* : M. Ch. Petit.

Adresser les Correspondances à M. Paul BARBIER.

Premier Prix. — **Médaille d'or** au Concours régional agricole de Saint-Quentin.

Exposition d'Amsterdam, **Diplôme d'honneur,** la seule récompense spécialement accordée à la graine de betterave à sucre.

1884

Londres, Exposition internationale d'hygiène (Health-Exhibition Kensington) **J. Simon-Legrand. Médaille d'or.** Beauté des produits agricoles exposés. Richesse et beauté des betteraves.

Londres. Hors Concours comme Membre du Jury : **Diplôme d'honneur,** Exposition internationale universelle (Cristal Palace).

Lille. Société des Agriculteurs du Nord : **J. Simon-Legrand. Grande Médaille de vermeil,** pour la bonne tenue de nos fermes et l'amélioration de nos betteraves à sucre.

1885

Concours hippique de Lille. **Six premiers Prix** pour chevaux de culture et **un Prix d'ensemble,** prix spécial créé par le Jury. Croix de l'ordre national du Mérite agricole.

1886

Prix d'honneur de la Société des Agriculteurs du Nord. Objet d'art.

1888

Concours international, Bruxelles. **Hors Concours** comme Membre du Jury.

BUREAUX CORRESPONDANTS

PARIS, grand Véfour, Palais-Royal. *Galerie Beaujolais, 81.*

KIEFF, Hôtel Belle-Vue.

BRUXELLES, rue du Marché, 22.

A nos Magasins généraux situés près la gare (ancienne sucrerie d'Orchies.

NOTA. — En prévenant d'avance, une voiture sera mise à la disposition des personnes qui se rendraient à Bersée pour visiter nos cultures. S'adresser au concierge de nos Magasins généraux.

Adresser les lettres à **M. J. SIMON-LEGRAND,** Agriculteur à Auchy, par Ochies (Nord).

Les dépêches, **SIMON-LEGRAND,** Orchies.

Les envois en Gare d'Orchies (ligne de Lille à Valenciennes).

Un téléphone relie les Magasins d'Orchies à la Maison Centrale de Bersée.

Gare ORCHIES. — Embranchement spécial pour les expéditions.

MANUEL-AGENDA

DES

FABRICANTS DE SUCRE

1891

MANUEL-AGENDA

DES

FABRICANTS DE SUCRE

ET DES

DISTILLATEURS

A L'USAGE

DES FABRICANTS DE SUCRE DE BETTERAVES ET DE CANNES,
DES RAFFINEURS, DISTILLATEURS,
CHIMISTES, INGÉNIEURS, CHEFS DE FABRICATION, CONTRE-MAITRES
ET DES EMPLOYÉS DE RÉGIE

PAR

Ch. GALLOIS
Ingénieur des Arts et Manufactures
Ancien Fabricant de Sucre
et Distillateur,
Chevalier de la Légion d'honneur.

F. DUPONT
Chimiste,
Secrétaire général de l'Association
des Chimistes
de sucrerie et de distillerie de
France et des Colonies.

DEUXIÈME ÉDITION

Entièrement refondue et considérablement augmentée.

OUVRAGE ORNÉ DE GRAVURES



PARIS

CHEZ LES AUTEURS,

81, rue de Maubeuge, et 37, rue de Dunkerque,

ET LIBRAIRIE CENTRALE DES SCIENCES

J. MICHELET ,éditeur, 25, quai des Grands-Augustins.

1891

PRÉFACE

La *deuxième édition* entièrement refondue et considérablement augmentée de notre **Manuel-Agenda des fabricants de sucre et des distillateurs,** que nous publions aujourd'hui est appelée, croyons-nous, à rendre quelques services aux personnes auxquelles elle s'adresse.

Nous avons essayé de rendre cet ouvrage aussi complet et aussi pratique que possible. Pour cela nous avons mis à profit les récents travaux sur la chimie sucrière et nous nous sommes inspirés des conseils et des avis qu'ont bien voulu nous donner plusieurs personnes compétentes.

L'accueil sympathique fait par le public et la presse spéciale à notre première édition, nous a engagés à en publier une seconde que nous avons essayé de tenir à la hauteur des progrès réalisés dans ces deux dernières années.

Notre *Manuel-Agenda* comprend cinq parties bien distinctes.

La première partie renferme de nombreux *Tableaux en blanc* à remplir, qui permettent de suivre toutes les opérations de la fabrication depuis la réception des betteraves jusqu'à l'expédition du sucre achevé et des mélasses.

Il y a des tableaux spéciaux pour le directeur, le chef de fabrication, le chimiste, le contre-maître, le comptable, de sorte que rien n'échappe au contrôle et que tout est noté au jour le jour ; ils constituent pour ainsi dire le *livre de comptabilité* de la fabrication, rendant compte à tout instant de l'état d'avancement du travail, des résultats et rendements obtenus, de la marche journalière et comparative de la fabrication.

Cette première partie contient en outre 120 pages, de nombreux *Documents sur la chimie, la physique, la mécanique, les*

mathématiques et comporte de nombreux tableaux de concordance relatifs à la thermométrie, à la chaleur, à l'aréométrie, à la densité, à la saccharimétrie optique et chimique, etc. Beaucoup de tableaux et de documents nouveaux dont le chimiste a pour ainsi dire un besoin journalier, ont été ajoutés à l'édition actuelle.

La deuxième partie, spécialement consacrée au contrôle chimique de la fabrication du sucre, est un *Guide pratique du Chimiste de sucrerie et de distillerie*, passant en revue toutes les matières que le chimiste doit analyser, depuis la betterave, les jus, les masses cuites, les sucres, la mélasse, jusqu'au charbon, au coke, à la pierre à chaux, au minium, à la céruse, etc. Des chapitres spéciaux décrivent avec tous les détails désirables les procédés Pellet pour le dosage direct du sucre dans la betterave, ainsi que l'analyse des betteraves mères par la digestion aqueuse, instantanée à froid.

La troisième partie, et non la moins importante, intitulée : *Notes pratiques de sucrerie*, a été écrite non seulement pour le directeur et le chimiste, mais aussi et surtout pour le chef de fabrication et le contre-maître. Elle essaie de faire connaître les meilleurs moyens de conduire toutes les phases de la fabrication, telles que la diffusion, la carbonatation, le four à chaux, les générateurs, la filtration, l'évaporation, la cuite, le turbinage, l'osmose, etc. Nous nous sommes spécialement attachés à faire connaître dans ce chapitre, la pratique de la fabrication, et à indiquer les moyens de triompher des difficultés que l'on rencontre souvent. Dans un chapitre spécial nous avons traité de l'analyse des eaux employées en sucrerie et en distillerie, soit pour la diffusion soit pour les générateurs, etc. Nous avons aussi traité longuement la question d'épuration des eaux-vannes, question qui prend aujourd'hui une importance de plus en plus grande, à cause des exigences de l'administration.

La quatrième partie est consacrée à la *Fabrication du sucre de cannes*. Nous y avons décrit toutes les particularités et analyses spéciales concernant cette fabrication. Il en résulte que le directeur et le chimiste de sucreries de cannes trouveront dans notre *Manuel-Agenda* tous les renseignements en documents nécessaires à la bonne conduite et au contrôle chimique

du travail qui, avec l'emploi de plus en plus répandu de la diffusion, doit être soumis aux procédés scientifiques usités dans l'industrie betteravière.

Enfin dans la cinquième partie, intitulée : *Distillerie et alcoométrie*, nous avons passé en revue la plupart des matières utilisées pour la fabrication de l'alcool, les rendements qu'elles sont susceptibles de produire, les méthodes reconnues les meilleures pour les analyses et pour contrôler chimiquement la fabrication.

Un chapitre spécial a été consacré à la conduite de la fermentation qui est la base d'un bon travail et trop souvent la pierre d'achoppement de bien des industriels.

Si le public auquel nous nous adressons veut bien, comme par le passé, encourager nos efforts, nous mettrons tous nos soins, à l'avenir, à maintenir notre ouvrage au niveau des progrès que chaque année voit éclore.

Ch. GALLOIS et F. DUPONT.

Paris, novembre 1890.

TABLEAUX

DE

CONTROLE DU TRAVAIL

TABLEAUX

DE

CONTROLE DU TRAVAIL

SURVEILLANCE

I. Travail de la Diffusion

DATES	BETTERAVES TRAVAILLÉES					
	Kilog. par diffusr	Kilog. par 24 heures	Totaux à ce jour.	Densité du jus normal.	Nombre de diffusrs	Hectol. par diffusr

GÉNÉRALE

ou de la Râperie

JUS DE DIFFUSION

Hectol. par 24 heures	Totaux à ce jour.	Litres % kil. de betterav.	Densité du jus de diffusion	Jus à 1° par 100 k. de betterav.	OBSERVATIONS

SURVEILLANCE

II. Travail

	LAIT DE CHAUX				FILTRATION		
DATES	Degré Baumé	1re carbonat % de jus.	2e carbonat % de jus.	chaux % de better.	Nombre de filtres.	Hectolitres de noir par jour	Noir % kil. de better.

GÉNÉRALE

des Jus

DATES	LAIT DE CHAUX				FILTRATION		
	Degré Baumé	1re carbonat °/o de jus.	2e carbonat °/o de jus.	chaux °/o de better.	Nombre de filtres.	Hecto-litres de noir par jour	Noir °/o kil. de better.

III. Masse cuite

DATES	MASSE CUITE						
	Nos des bacs.	Poids ou vol. de la m. cuite.	Totaux à ce jour.	Pour °/o kil. de betterav. du jour.	Par hectol. de jus du jour.	Par hectol. et par 1° de jus.	
						par jour.	moyenne

GÉNÉRALE

et Sucre 1er jet

SUCRE					
De la masse cuite.	Totaux à ce jour.	°/o de masse cuite.	Pour °/o de betterav.	Masse cuite 2e jet.	OBSERVATIONS

SURVEILLANCE

IV. — Masses cuites et

MASSES CUITES				SUCRES BRUTS			
Dates de l'empli du bac.	N° du bac.	Hectol. ou kilog.	Rend[t] des sirops 1er jet en sirop 2e jet.	Dates du turbinage.	Kilogr.	Kilog. °/o de m. cuite	Kilog. °/o de betterav.

GÉNÉRALE

Sucres de 2e et 3e jet.

MASSES CUITES				SUCRES BRUTS			
Dates de l'empli du bac.	N° du bac.	Hectol. ou kilog.	Rendt des sirops 1er jet en sirop 2e jet.	Dates du turbinage.	Kilogr.	Kilog. °/o de m. cuite	Kilog. °/o de betterav

V. Générateurs. — Four à noir.

DATES	Nombre de Générateurs	CHARBON EMPLOYÉ		EAU D'ALIMENTATION		
		par jour	p. °/o kil. de betterav.	Température.	par jour Hectolit.	p. °/o kil. de bett. Hectol.

GÉNÉRALE

Four à chaux. — Four à gaz.

FOURS A NOIR		FOUR A CHAUX		GAZOMÈTRES			OBSERVATIONS
Noir revivifié Hectol.	Charbon employé. Kilog.	Coke employé	Calcaire employé	Charbon employé.	Coke employé.	Coke produit	

CONTROLE

VI. — Extraction

DATES	BETTERAVES					JUS
	Densité du jus	Sucre °/ₒ cc	Degré de pureté	Sucre °/ₒ de betterav.	Sucre total dans la betterave	Densité

CHIMIQUE

et Epuration des jus

DE DIFFUSION			Perte en sucre à la diffusion (par diff.)	Degré de pureté des sirops.	ALCALINITÉ		
Sucre °/₀ cc	Pureté	Sucre total dans le jus.			1re carbonatation	2e carbonatation	Sirops filtrés

CONTROLE

VII. Analyses des Résidus

DATES	COSSETTES épuisées		EAUX de vidange des diffuseurs		EAUX des presses		
	Sucre °/₀cc	Sucre °/₀ de better.	Sucre °/₀cc	Sucre °/₀ de better.	Densité	Sucre °/₀	Ecumes

CHIMIQUE

et Matières auxiliaires

SUCRE °/₀				Revivification du noir	GAZ DU FOUR A CHAUX			
Eaux d'alimentatᵃ	Eaux amoniacales	Noir des filtres	Eaux de lavage		CO^2	CO	O	Az.

CONTROLE

VIII. Analyse des Sucres,

DATES	MASSES CUITES							
	Sucre	Eau	Cendres	Matres organ.	Chaux	Coeff. salin.	Sucre	Cend.

CHIMIQUE

Masses cuites et Égouts

ÉGOUTS					SUCRES					
Mat^res organ.	Chaux libre	CaO A l'état de sels	Coeff. salin	Degré de pureté	Polarisation	Eau	Cendres	Mat^res organ.	Titr.	Raff.

CONTROLE

IX. Osmose.

DATES	Osmogènes en travail.	SIROP AVANT OSMOSE					SIROP		
		Hect. ou kil.	Degré Baumé	Sucre.	Cendres.	Coeff. salin.	Hectol. ou kil.	Degré Baumé	Sucre.

CHIMIQUE

IX. Osmose.

OSMOSÉ		EAUX D'EXOSMOSE							
Cendres.	Coeff. salin.	Degré Baumé.	Hect. ou kil.	Sucre.	Cendres	Coeff. salin.	Perte en sucre dans les eaux	Perte en sucre inconnu.	Papier employé.

CONTROLE

X. Revue hebdomadaire

SEMAINES		
Teneur en jus de la betterave		
Betteraves — Sucre °/₀		
Betteraves — Non sucre		
Betteraves — Cendres		
Betteraves — Degré de pureté		
Betteraves — Coefficient salin		
Cossettes épuisées °/₀ de betteraves		
°/₀ de sucre dans les cossettes		
°/₀ » » eaux de vidange		
°/₀ » » écumes		
°/₀ » » dans noir et eaux de lavage		
Masse cuite 1er jet — °/₀ de betteraves		
Masse cuite 1er jet — Sucre		
Masse cuite 1er jet — Cendres		
Masse cuite 1er jet — Eau		
Masse cuite 1er jet — Matières organiques		
Masse cuite 1er jet — Coefficient salin		
Sucre dans la betterave		
Sucre dans le jus de diffusion		
Sucre dans la masse cuite		
Perte totale de sucre		
Perte de sucre dans cossettes épuisées		
» » » eaux de vidange		
» » » écumes		
» » » noir		
Perte non justifiée		

CHIMIQUE

des Résultats du Travail

XI. Livraison

DATES	N° de la livraison	Nombre de sacs	Sucre °/°	Cendres °/°	Titrage.	Rendement au raffinage.	Expédition de mélasses		
							Beaum.	Sucre °/°	Quantités.

de Sucre.

DATES	N° de la livraison	Nombre de sacs	Sucre °/°	Cendres °/°	Titrage.	Rendement au raffinage.	Expédition de mélasses		
							Beaum.	Sucre °/°	Quantités.

Contrôle d'une Raperie Extérieure

BULLETIN QUOTIDIEN

du ______________ *au* ______________

arrêté à heures ______________ *du soir*

	Richesse moyenne proportionnelle	Nombre d'Analyses.
Betteraves reçues..................	....	....
Cossettes de diffusion..............	....	....
Pulpes de diffusion 100 °/o...........	....	....
Eaux de diffusion 100 °/o............	....	....
Jus aux mesureurs.................	....	....
Titre alcalin des jus expédiés.......	....	....
Chaux réelle pour 100 cc. de lait de chaux..........................	....	....
Titre hydrotimétrique de l'eau avant l'épuration......................	....	....
Titre hydrotimétrique de l'eau après l'épuration......................	....	....
Carbonate de soude par litre d'eau..	....	....
Soude caustique par litre d'eau.....	....	....

CALCUL DES PERTES

Richesse des Cossettes fraîches ______________ °/o sucre.

Pertes dans les pulpes et eaux ______________ °/o sucre.

Sucre devant être obtenu aux mesureurs ______________ pour °/o cent kilog. de betteraves.

Soit pour ________ betteraves travaillées ________ kil. de suc.

Sucre obtenu aux mesureurs ____ hect. à ____ °/o sucre ________ » »

Pertes non déterminées ______________ » »

Soit ______________ pour 100 kilog. betteraves.

Le Chimiste,

I

DOCUMENTS RELATIFS A LA CHIMIE

Equivalents, Poids atomiques et poids spécifiques des corps

1. — CORPS SIMPLES

MÉTALLOÏDES	SYMBOLES	ÉQUIVALENTS	POIDS atomiques	DENSITÉS	MÉTAUX	SYMBOLES	ÉQUIVALENTS	POIDS atomiques	DENSITÉS
Arsenic....	As	75	75	5.630	Fer........	Fe	28	56	7.78
Azote......	Az	14	14	0.9714	Glucinium.	Gl	6.94	13.88	2.10
Bore.......	Bo	11	11	2.68	Indium.....	Iu	56.7	113.4	7.20
Brome.....	Br	80	80	2.97	Iridium....	In	96.61	193.22	22.4
Carbone...	C	6	12	1.52	Lanthane..	La	69.5	139	
Chlore.....	Cl	35.50	35.50	2.45	Lithium ...	Li	7.022	7.022	0.59
Fluor......	Fl	19	19		Magnésium	Mg	12	24	1.75
Hydrogène.	H	1	1	0.0692	Manganèse	Mn	27.6	55.2	7.20
Iode.......	I	127	127	4.95	Mercure...	Hg	100	200	13.59
Oxygène...	O	8	16	1.1056	Molybdène.	Mo	48	96	8.6
Phosphore.	Ph	31	31	1.84	Nickel.....	Ni	29.5	59	8.5
Sélénium...	Se	39.50	79	4.28	Niobium...	Nb	47	94	6.4
Silicium....	Si	14	28	2.49	Or.........	Au	98.2	196.4	19.36
Soufre.....	S	16	32	1.97	Osmium...	Os	99.3	198.6	21.30
Tellure....	Te	64	128	6.26	Palladium.	Pd	53.3	106.6	11.80
					Platine....	Pt	98.5	197	21.50
					Plomb.....	Pb	103.46	206.92	11.35
MÉTAUX					Potassium.	K	39.137	39.137	0.86
					Rhodium..	Rh	52	104	12.10
Aluminium.	Al	13.75	27.50	2.56	Rubidium..	Rb	85.4	85.4	1.52
Antimoine.	Sb	122	122	6.71	Ruthénium	Ru	51.75	103.5	11.4
Argent.....	Ag	107.93	107.93	10.47	Sodium...	Na	23.043	23.043	0.97
Baryum....	Ba	68.6	137.2	1.85	Strontium.	Sr	43.75	87.50	1.54
Bismuth...	Bi	210	210	9.82	Tantale....	Ta	91	182	10.78
Cadmium..	Cd	56	112	8.62	Terbium...	Te	29.60		
Calcium...	Ca	20	40	1.58	Thalium...	Tl	204	204	11.86
Cérium....	Ce	70.65	141.3		Thorium...	Th	116.95	233.9	7.75
Chrome....	Cr	26.2	52.4	6.80	Titane.....	Ti	25	50	5.30
Cobalt.....	Co	29.5	59	7.81	Tungstène.	Tu ou W	9[illegible]	184	17.60
Cæsium...	Cs	132.6	132.6		Uranium..	U	120	120	18.40
Cuivre.....	Cu	31 75	63.5	8.95	Vanadium.	V	51.3	51.3	5.5
Didyme...	Di	73.50	147	•	Ytrium.....	Y	44.77	89.55	
Erbium....	Er	85.27	170.55		Zinc.......	Zn	32.50	65	6.86
Etain......	Sn	59	118	7.29	Zirconium.	Zr	44.8	89.6	4.15

2. — CORPS COMPOSÉS

Acides. — Bases et Sels.

NOMS DES CORPS	FORMULES d'après LES ÉQUIVALENTS	FORMULES d'après les POIDS ATOMIQUES
ACIDES		
Acide arsénieux	AsO^3	As^2O^3
Acide arsénique	AsO^5	As^2O^5
— acétique cristallisable	$C^4H^4O^4$	$C^2H^4O^2$
— antimonique	SbO^5	Sb^2O^5
— azotique pur anhydre	AzO^5	Az^2O^5
— borique	$BoO^3,^3H^o$	BoO^3H^3
— bromhydrique	HBr	HBr
— bromique	BrO^5HO	BrO^3H
— carbonique	CO^2	CO^2
— chlorhydrique	HCl	HCl
— chlorique	ClO^5HO	ClO^3H
— chromique	CrO^3	CrO^3
— citrique	$C^{12}H^8O^{14}$	$C^6H^8O^7$
— cyanhydrique	HC^2Az	$HCAz$
— fluorhydrique	HFl	HFl
— formique	$C^2H^2O^4$	CH^2O^2
— gallique	$C^{14}H^6O^{10}$	$C^7H^6O^5$
— hydrofluosilicique	$2HFl,Si^2Fl^4$	$2HFl,SiFl^4$
— molybdique		MoO^3
— oxalique	$C^4H^2O^8,4HO$	$C^2H^2O^42H^2O$
— phosphorique	PhO^5	Ph^2O^5
— prussique	HC^2Az	$HCAz$
— pyrogallique	$C^{12}H^6O^6$	$C^6H^6O^3$
— sillicique	SI^2O^4	SiO^2
— salicylique	$C^{14}H^6O^6$	$C^7H^6O^3$
— sulfhydrique	HS	H^2S
— sulfureux	SO^2	SO^2
— sulfurique monohydraté	SO^3HO	H^2SO^4
— sulfurique anhydre	SO^3	SO^3
— tartrique	$C^8H^6O^{12}$	$C^4H^6O^6$
BASES		
Alumine	Al^2O^3	Al^2O^3
Ammoniaque	AzH^3	AzH^3
Baryte anhydre	BaO	BaO
Chaux	CaO	CaO
Oyde d'antimoine	SbO^3	Sb^2O^3
— d'argent	Ag^2O	AgO
— de bismuth (*proto*)	BiO^3	Bi^2O^3
— de calcium (*chaux*)	CaO	CaO
— de carbone	CO	CO
— de chrome (*vert*)	Cr^2O^3	Cr^2O^3
— de cobalt (*proto*)	CoO	CoO
— — hydraté	$CoOHO$	$CoOH^2O$
— de cuivre (*oxydule*)	Cu^2O	Cu^2O

NOMS DES CORPS	FORMULES d'après LES ÉQUIVALENTS	FORMULES d'après les POIDS ATOMIQUES
BASES (*suite*).		
— de cuivre (*deuto*)	CuO	CuO
— d'étain (*proto*)	SnO	SnO
— — (*bi*)	SnO^2	SnO^2
— de fer (*proto*)	FeO	FeO
— — magnétique	Fe^3O^4	Fe^3O^4
— — (*per*)	Fe^2O^3	Fe^2O^3
— de magnésium (*magnésie*)	MgO	MgO
— — hydraté	$MgOHO$	MgH^2O^2
— de manganèse (*proto*)	MnO	MnO
— — (*sesqui*)	Mn^2O^3HO	$Mn\,O^3H^2O$
— — (*bi*)	MnO^2HO	MnO^2,H^2O
— de mercure (*proto*)	Hg^2O	Hg^2O
— — (*deuto*)	HgO	HgO
— de nickel (*proto*)	NiO	NiO
— d'or (*proto*)	Au^2O	Au^2O
— — (*per*)	Au^2O^3	Au^2O^3
— de platine (*proto*)	PtO	PtO
— — (*bi*)	PtO^2	PtO^2
— de plomb (*proto*) litharge.	PbO	PbO
— — (*bi*)	PbO^2	PbO^2
— de potassium (potasse)	KO	K^2O
— de sodium (soude)	NaO	Na^2O
— de strontium (strontiane)	SrO	SrO
— de zinc	ZnO	ZnO
SELS		
Acétate d'ammoniaque	AzH^3, C^4H^3,HO	$C^2H^3O^2,AzH^4$
— de cuivre neutre	$CuO, C^4H^3O^3, HO$	$(C^2H^3O^2)^2Cu+H^2O$
— neutre de plomb	$PbO, C^4H^3O^3+3HO$	$(C^2H^3O^2)^2PbO+{}^3H^2O$
— (*sous*) cristallisé	$3PbO, C^4H^3O^3$	$(C^2H^3O^2)(HO)Pb,2PbO$
— d'urane	$UrO,C^4H^3O^3$	$C^2H^3O^2(UrO)$
Antimoniate de potasse	$KO,Sb^2O^5,5HO$	$Sb^2O^7K^2H^2+6H^2$
Azotate d'ammoniaque	$AzH^3,AzO5$	AzH^4AzO^3
— d'argent	AgO,AzO^5	$AgAzO^3$
— de baryte	BaO,AzO^5	$(AzO^3)^2Ba$
— de chaux	CaO,AzO^5	$(A3O^3)^2Ca$
— de cobalt	CbO,AzO^5	$Cb^2(AzO^3),6H^2O$
— de cuivre	$CuO,AzO^5,4HO$	Azo^3Cu
— de potasse	KO,AzO^5	AzO^3K
— de soude	NaO,AzO^5	AzO^3Na
— d'urane	$U^2O^3,AzO^5,6HO$	$UAzO^4,H^2O$
Borate de soude	$NaO(BoO^3)^2,10HO$	$Na^2B^4O^7+10HO$
Bromure de potassium	KBr	HBr

NOMS DES CORPS	FORMULES d'après LES ÉQUIVALENTS	FORMULES d'après les POIDS ATOMIQUES
SELS (*Suite*)		
Carbonate d'ammoniaque.......	$(AzH^{3},HO)^{2}(CO^{2})^{3}$	$CO^{3}(AzH^{4})^{2}$
— (*bi*) —	$AzH^{3}HO(CO^{2})^{2}+HO$	
— d'argent	AgO,CO^{2}	$Ag^{2}CO^{3}$
— de baryte............	BaO,CO^{2}	$CO^{3}Ba$
— de chaux	CaO,CO^{2}	$CO^{3}Ca$
— de magnésie..........	MgO,CO^{2}	$CO^{3}Mg$
— de plomb............	PbO,CO^{2}	$CO^{3}Pb$
— de potasse............	KO,CO^{2}	$CO^{3}K^{2}$
— (*bi*) —	$KO,2CO^{2}$	$CO^{3}K$
— de soude cristallisé...	$NaO,CO^{2}+10HO$	$CO^{3}Na^{2}+10H^{2}O$
— (*bi*) —	$NaO,2CO\ ,HO$	$CO^{3}NaH$
— de strontiane	SrO,CO^{2}	$CO^{3}Sr$
Chlorate de potasse............	KO,ClO^{5}	$ClO^{3}K$
— (*per*) —	KO,ClO^{7}	$ClO^{4}K$
Chlorure d'ammonium...........	AzH^{3},HCl	$AzH^{4}Cl$
— d'argent	$AgCl$	$AgCl$
— de baryum cristallis...	$BaCl+2HO$	$BaCl^{2}+2H^{2}O$
— de calcium cristallis...	$CaCl+6HO$	$CaCl^{2}+6H^{2}O$
— — fondu......	$CaCl$	$CaCl^{2}$
— de cuivre (*proto*).......	$Cu^{2}Cl$	$Cu^{2}Cl^{2}$
— d'étain —	$SnCl$	$SnCl^{2}$
— de fer proto —	$FeCl$	$FeCl^{2}$
— — (*per*)...........	$Fe^{2}Cl^{3}$	$Fe^{2}Cl^{6}$
— de magésium..........	$MgCl$	$MgCl^{2}$
— d'or (*per*).............	$Au^{2}Cl^{3}$	$AuCl^{3}$
— de platine (*bi*)..........	$PtCl^{2}$	$PtCl^{4}$
— — et de potassium	$PtCl^{2},KCl$	$K^{2}PtCl^{6}$
— de potassium..........	KCL	KCl
— de sodium............	$NaCl$	$NaCl$
— de zinc...............	$ZnCl$	$ZnCl^{2}$
Chlorite (*hypo*) de chaux........	$CaO.ClO$	$(ClO)^{2}Ca$
Chromate de plomb.............	PbO,CrO^{3}	$CrO^{4}Pb$
— de potasse	KO,CrO^{3}	$CrO^{4}K^{2}$
— — (*bi*).........	$KO,2CrO^{3}$	$Cr^{2}O^{7}K^{2}$
Citrate d'ammonium............	$(AzH^{3}HO)^{3}HOC^{12}H^{8}O^{14}$	$C^{6}H^{8}O^{7}AzH^{4}$
— de chaux...............	$(CaO)^{3}C^{12}H^{8}O^{14},4HO$	$C^{6}H^{5}O^{7}Ca^{3}+4H^{2}O$
— de magnésie............	$(MgO)C^{12}H^{8}O^{14},14HO$	$C^{6}H^{8}O^{7}Mg^{3}+14H^{2}O$
Crème de tartre................ — ou tartrate de potasse...	$KOC^{8}H^{6}O^{12}$	$C^{4}H^{5}O^{6}K$
Tartrate de potasse et de soude (*Sel de Seignette.*)......	$KO,NaO.C^{8}H^{6}O^{12}+7HO$	$C^{4}H^{6}O^{6}KNa+4H^{2}O$
Cyanure de potassium...........	KCy	KCy
— jaune de potassium et de fer (*ferrocyanure*)...	$FeCy,2kCy,+3HO$	$FeCy^{6}K^{4}+3H^{2}O$
— rouge de potassium et de fer (*ferricyanure*)...	$3KCy+Fe^{2}Cy^{3}$	$Fe^{2}Cy^{12}K^{6}$
Fluorure de calcium............	$CaFl$	$CaFl^{2}$
Formiate de soude..............	$NaOC^{2}HO^{3}$	$CHO^{2}Na$
Hypobromite de soude..........	$NaOBrO$	$NaBrO^{2}$

NOMS DES CORPS	FORMULES d'après LES ÉQUIVALENTS	FORMULES d'après les POIDS ATOMIQUES
SELS (*Suite*)		
Hyposulfite de chaux............	$CaO,S^{2}O^{2},6HO$	
— de soude............	$NaO^{2}.S^{2}O^{2},3HO$	$S^{2}O^{3}Na^{2}+5H^{2}O$
Iodure de mercure (*proto*)	$Hg^{2}I$	$Hg^{2}I^{2}$
— — (*deuto*)	HgI	HgI^{2}
— de potassium	KI	KI
Molybdate d'ammoniaque	$(AzH^{3},HO)\ MoO^{3}$	$MoO^{3}(AzH^{4})^{2}O,+H^{2}O$
Nitrates (*voir azotates*).		
Oxalate d'ammoniaque..........	$C^{2}O^{3}AzH^{3}+2HO$	$C^{2}O^{4}(AzH^{4})^{2}+H^{2}O$
— de chaux	$2CaOC^{4}O^{6}+5HO$	$C^{2}O^{4}Ca+5H^{2}O$
Permanganate de potasse.......	$KO,Mn^{2}O^{7}$	$MnO^{4}K$
Phosphate d'ammoniaque.......	$(AzH^{3},HO)^{2},HO,PhO^{5}$	$(A3H^{4})^{2}HPO^{4}$
— — (*bi*)..........	$AzH^{3},HO(HO)^{2},PhO^{5}$	
— ammoniaco-magnésien ..	$2MgO,AzH^{3}HO,PhO^{5}+12HO$	$AzH^{3}HMgPhO^{4}$
— d'ammoniaque et de soude		
— de chaux (*bibasique*)...	$(CaO)^{2},HO,PhO^{5}$	$CaHPO^{4}$
— — (*tribasique*)..	$(CaO)^{3},PhO^{5}$	$Ca^{3}P^{2}O^{8}$
— — (*acide*).......	$CaO,(HO)^{2},PhO^{5}$	$CaH^{4}(PO^{4})^{2}$
— de magnésie...........	$(MgO)^{2},HO,PhO^{5}+14HO$	$MgHPO^{4}$
— — (*pyro*).....	$2MgO,PhO^{5}$	$Mg^{2}Ph^{2}O^{7}$
Silicate de potasse.............	$(KO)^{3}SiO^{3}$	$SiO^{3}K^{2}$
— de soude.............	$(NaO)^{3},SiO^{3}$	$SiO^{3}Na^{2}$
Sulfate d'alumine neutre........	$Al^{2}O^{3},3SO^{3}+18HO$	$(SO^{4})^{3}(Al)^{2}+18H^{2}O$
— — et de potasse.	$Al^{2}O^{3},3SO^{3}+KOSO^{3}+24HO$	$(SO^{4})^{3}(Al)^{2},SO^{4}K^{2}+24H^{2}O$
— d'ammoniaque..........	$AzH^{3},HOSO^{3}$	$SO^{4}(AzH^{4})^{2}$
— de baryte...............	BaO,SO^{3}	$SO^{4}Ba$
— de chaux...............	CaO,SO^{3}	$SO^{4}Ca$
— de cuivre...............	$CuO,SO^{3},+5HO$	$SO^{4}Cu+5H^{2}O$
— de protoxyde de fer.....	$FeO,SO^{3}+7HO$	$SO^{4}Fe+7H^{2}O$
— — sesquioxyde —	$Fe^{2}O^{3},3SO^{3}$	$(SO^{4})^{3}Fe^{2}$
Sulfate de magnésie...........	$MgO,SO^{3}+7HO$	$SO^{4}Mg+7H^{2}O$
— de potasse............	KO,SO^{3}	$K^{2}SO^{4}$
— de soude...............	$NaO,SO^{3}+10HO$	$SO^{4}Na^{2}+10H^{2}O$
— de strontiane..........	$SrOSO^{3}$	$SO^{4}Sr$
— de zinc.................	$ZnO,SO^{3}+7HO$	$SO^{4}Zn+7H^{2}O$
Sulfhydrate d'ammoniaque.....	AzH^{3},S	$(AzH^{4})^{2}S$
Sulfure d'antimoine...........	$Sb^{2}S^{3}$	$Sb^{2}S^{3}$
— d'argent................	AgS	AgS
— de baryum	BaS	BaS
— d'étain (*proto*)..........	SnS	SnS
— de fer (*proto*)..........	FeS	FeS
— — (*bi*)............	FeS^{2}	$Fe^{2}S^{3}$
— de potassium...........	KS	$K^{2}S$
— de carbone.............	CS^{2}	CS^{2}
— de sodium..............	$NaS,+9HO$	$Na^{2}S+9H^{2}O$
— d'hydrogène............	HS^{2}	$H^{2}S$
— de zinc.................	ZnS	ZnS

II
THERMOMÉTRIE

(3) *Réduction des degrés des thermomètres d'après diverses échelles.*
F = Farenheit ; R = Réaumur ; C = Centigrade ou Celsius.

C	R	F	C	R	F	C	R	F	C	R	F
100	80	212	75	60	167	50	40	122	25	20	77
99	79,2	210,2	74	59,2	165,2	49	39,2	120,2	24	19,2	75,2
98	78,4	208,4	73	58,4	163,4	48	38,4	118,4	23	18,4	73,4
97	77,6	206,6	72	57,6	161.6	47	37,6	116,6	22	17,6	71,6
96	76,8	204,8	71	56,8	159,8	46	36,8	114,8	21	16,8	69,8
95	76	203	70	56	158	45	36	113	20	16	68
94	75,2	201,2	69	55,2	156,2	44	35,2	111,2	19	15,2	66,6
93	74,4	199,4	68	54,4	154,4	43	34,4	109,4	18	14,4	64,4
92	73,6	197,6	67	53.6	152,6	42	33.6	107,6	17	13,6	62,6
91	72,8	195.8	66	52,8	150,8	41	32,8	105;8	16	12,8	60,8
90	72	194	65	52	149	40	32	104	15	12	59
89	71,2	192,2	64	51,2	117,2	39	31,2	102.2	14	11,2	57,2
88	70,1	190,4	63	50,4	145,1	38	30,4	100,4	13	10,4	55,4
87	69,6	188,6	62	49,6	143,6	37	29,6	98,6	12	9,6	53,6
86	68,8	186,8	61	48,8	141,8	36	28,8	96,8	11	8,8	51,8
85	68	185	60	48	110	35	28	95	10	8	50
84	67,2	183,2	59	47,2	138,2	34	27,2	93,2	9	7,2	48,2
83	66,4	181,4	58	46.4	136,4	33	26,4	91,4	8	6,4	46,4
82	65,6	179,6	57	45 6	134,6	32	25,6	89,6	7	5,6	4,6
81	64,8	177,8	56	44,8	132,8	31	21,8	87,8	6	4,8	42,8
80	64	176	55	44	131	30	24	86	5	4	41
79	63,2	174,2	54	43,2	129,2	29	23.2	81,2	4	3,2	39,2
78	62,4	172,4	53	42,4	127,4	28	22.4	82.4	3	2,4	37,4
77	61,6	170,6	52	41,6	125,6	27	21,6	80.6	2	1,6	35,6
76	60,8	168,8	51	40,8	123,8	26	20,8	78,8	1	0,8	33,8

1° F = 0°5556 C.
1° C = 1° 800 F.
5° C = 9° F.

— 40° F	correspondent à	— 40° C
0°	»	— 177,8
+ 32°	»	0°
+ 212°	»	100°

$$F = 32 + \frac{9}{5} C = 32 + \frac{9}{4} R$$

$$C = \frac{5}{9} (F - 32) = \frac{5}{4} R$$

$$R = \frac{4}{9} (F - 32) = \frac{4}{5} C$$

(4) ***Évaluation des températures élevées***
d'après la coloration du fer.

Rouge naissant	525°	Orangé foncé	1100
Rouge sombre	700	Orangé clair	1200
Cerise naissant	800	Blanc	1300
Cerise	900	Blanc soudant	1400
Cerise clair	1000	Blanc éblouissant	1500

(5) *Température de fusion.*

Mercure	— 40°
Essence de térébenthine	— 10
Huile de lin	— 20
— de ricin	— 18
— d'olive	2,5
— de palme	29
Eau de mer	— 2,5
Beurre	30
Suif	33
Paraffine	43,7
Stéarine	61
Cire blanche	68,7
— jaune	76,2
Soufre	114,5
Etain	235
Alliages :	
3 éq. de plomb, 2 d'étain...	289
1 — 1 — ...	241
1 — 2 — ...	196
1 — 3 — ...	186
1 — 4 — ...	189
1 éq. de plomb, 5 d'étain...	194
1 — 9 — ...	168
5 parties plomb, 3 d'étain et 8 bismuth (métal de Darcet)	94
Bismuth	265
Plomb	335
Antimoine	440
Zinc	450
Aluminium	600
Bronze	900
Argent	1000
Cuivre jaune	1015
— rouge	1050
Fonte de fer	1050 à 1200
Or au titre de la monnaie	1480
Or pur	1250
Aciers	1300 à 1400
Fer doux français	1500
Fers martelé anglais	1600
Platine	> 1700

(6) *Température d'ébullition de quelques solutions saturées.*

	Quantités de sels dissous en 100 parties d'eau.	Température d'ébullition.
Chlorure de baryum	60.1	104°4 C.
Carbonate de soude	48.5	104°6
Chlorure de sodium	41.2	108°4
Azotate de potasse	335.1	115°9
Carbonate de potasse	205	135°0
Azotate de chaux	363.0	151°0
Chlorure de calcium	325	179°5

(7) *Température d'ébullition*

sous la pression atmosphérique de 760 millimètres.

Protoxyde d'azote	— 88°
Acide carbonique	— 78
Acide sulfureux	— 10
Ether sulfurique	35,5
Sulfure de carbone	48
Alcool absolu	78,3
Eau de mer	103,7
Pétrole	106
Chlorure de sodium (dissolution saturée)	108,4
Acide chlorhydrique	110
Chlorhydrate d'ammoniaque (dissolution saturée)	114,2
Acide acétique concentré	120
Acide azotique quadrihydraté	123
Essence de térébenthine	156,8
Potasse caustique (dissolution saturée)	175
Créosote	203
cide sulfurique monohydraté	326
Mercure	350
Huile de lin	387,5
Soufre	400

(8) *Chaleurs latentes de fusion.*

On appelle *chaleur latente de fusion* le nombre de calories nécessaire pour faire passer un corps de l'état solide à l'état liquide, sans changer sa température.

	Calories.		Calories.
Eau	79,25	Soufre	9,35
Zinc	28,13	Plomb	5,37
Argent	21,07	Phosphore	5,24
Etain	14,25	Mercure	2,83
Bismuth	12,64		

Chaleur latente de vaporisation de l'eau.

Pour élever la température d'un kilogramme d'eau de 0° à T° et la transformer en vapeur saturée à cette température T°, il faut un nombre de calories égal à

$$606,5 + 0,305\ T$$

Si on avait porté la température du kilogramme d'eau de 0° à T° sans en transformer aucune partie en vapeur, on aurait dépensé seulement

T calories.

La chaleur latente de la vapeur d'eau saturée à la température T° est égal à la différence entre ces deux quantités

$$606,5 + 0,305\ T - T = 606,5 - 0,695\ T$$

A la température de 100°, cela fait une chaleur latente de 535 calories

(9) *Point d'ébullition de différentes solutions sucrées (d'après Gerlach).*

Solution de	10 p. 0/0	de sucre	bout. à	100,4°	C.
—	20	—	—	100,6°	»
—	30	—	—	101,0°	»
—	40	—	—	101,5°	»
—	50	—	—	102,0°	»
—	60	—	—	103,0°	»
—	70	—	—	106,5°	»
—	79	—	—	112,0°	»
—	90,8	—	—	130,0°	»

(10) *Preuve pour la richesse des sirops,*

Sucre °/°	Eau °/°	Nom de la preuve	Température d'ébullition du sirop sous la pression ordinaire de 0m,76.
93.75	4.25	Grand cassé.	128°.5
92.67	7.33	Petit cassé.	122
91	9	Grand soufflé.	121
89	11	Petit soufflé.	116
88	12	Crochet fort.	112
87	13	Crochet léger.	110.5
85	15	Filet	109

III

DILATATION

(11) *Coefficients de dilatation linéaire de quelques solides entre 0° et 100°*

Corps	Coeffic.	Corps	Coffic.
	0,0000		0,0000
Acier	11500	Granit	08625
— trempé	12250	Gypse	14010
Aluminium	22239	Marbre blanc	10720
Argent	19097	— noir	04260
Bois de sapin	03520	Or	15136
Briques	05502	Platine	08842
Bronze	18492	Plomb	28484
Charbon de bois de sapin.	10000	Spath fluor	20700
Cuivre jaune (laiton)	18782	Verre en tubes	08969
Cuivre rouge	17182	— en verges pleines	09220
Etain	21730	— en règle	08613
Fer	11821	— glaces (St-Gobain).	08909
Fer en fil	14401	— flint	08167
Fonte	11100	Zinc	29680
Glace de — 27 à — 1	51813		

(12) *Coefficients de dilatation de quelques liquides*

Liquides	Coeffic.	Liquides	Coeffic.
Acide azotique D: 1.40	0.0011	Huile d'olive ou de lin	0.0008
— sulfurique D: 1.85	0.0006	Sulfure de carbone	0.00114
Alcool éthylique	0.00104	Solution saturée de sel marin	0.0005
Ether	0.00148		

Eau.

L'augmentation ou la diminution du volume de l'eau de 0° à t° est donnée par les formules suivantes :

1° Quand t varie de 0° à 25°

$$-\frac{61045}{10^9}t+\frac{77183}{10^{10}}t^2-\frac{3734}{10^{11}}t^3$$

2° Quand t varie de 25° à 50°

$$-\frac{65415}{10^9}t+\frac{77587}{10^{10}}t^2-\frac{3541}{10^{11}}t^3$$

3° Quand t varie de 50° à 75°

$$\frac{59160}{10^9}t+\frac{31849}{10^{10}}t^2+\frac{728}{10^{11}}t^3$$

4° Quand t varie de 75° à 100°

$$\frac{86450}{10^9}+\frac{31892}{10^{10}}t^2+\frac{245}{10^{11}}t^3$$

Mercure, quand t varie de 0° à 350°

$$\frac{179}{10^6}t+\frac{25}{10^9}t^2$$

(13) *Coefficients de dilatation de quelques gaz entre* 0° *et* 100°

Gaz	Volume constant	Pression constante	Gaz	Volume constant	Pression constante
Air atmosphérique...	0.3665	0.3670	Acide carbonique...	0.3688	0.3710
Hydrogène	0.3667	0.3661	Protoxyde d'azote..	0.3676	0.3719
Azote...............	0.3668	0.3670	Acide sulfureux	0.3845	0.3903
Oxyde de carbone ...	0.3667	0.3669	Cyanogène..........	0.3829	0.3877

(14) *Tension de la vapeur d'eau en millimètre de mercure* (Regnault).

Températ.	Tension.	Températ.	Tension.	Températ.	Tension.	Températ.	Tension.	Valeur en atmosphères.
0		0		0		0		
— 30	0.39	21	18.5	94	610.4	105	907	1.20
— 25	0.61	22	19.7	94.5	522.2	107	972	1.28
— 20	0.9	23	20.9	95	633.8	110	1077	1.40
— 15	1.4	24	22.7	95.5	645.7	115	1273	1.66
— 10	2.1	25	23.6	96	657.5	120	1491	1.96
— 5	3.1	26	25	96	669.7	125	1744	2.30
— 2	4	27	26.6	97	682	130	2030	2.67
— 1	4.3	28	28.1	97.5	694.6	135	2354	3.10
0	4.6	29	29.8	98	707.3	140	2717	3.57
1	4.95	30	31.6	98.5	721.2	145	3125	4.1
2	5.3	35	41.9	99	732.2	150	3581	4.7
3	5.7	40	55	99.1	735.9	155	4088	5.3
4	6.1	45	71.5	99.2	738.5	160	4551	6.1
5	6.5	50	92	99.3	741.2	165	5274	6.9
6	7	55	117.5	99.4	743.8	170	5961	7.8
7	7.5	60	148	99.5	746.5	175	6717	8.8
8	8	65	186	99.6	749.2	180	7547	9.9
9	8.6	70	232	99.7	751.9	185	8453	11.1
10	9.1	75	287	99.8	754.6	190	9443	12.4
11	9.7	80	354	99.9	757.3	195	10520	13.9
12	10.4	85	432	100	760	200	11689	15.4
13	11.1	90	525.4	100.1	762.7	205	12956	17.5
14	11.9	90.5	535.5	100.2	765.5	210	14325	18.8
15	12.7	91	545.8	100.4	772	215	15801	20.8
16	13.5	91.5	556.2	100.6	776.5	220	17390	22.9
17	14.4	92	566.8	101	787	225	19097	25.3
18	15.3	92.5	577.3	102	816	230	20926	27.5
19	16.3	93	588.4	103	845			
20	17.4	93.5	599.5	104	876			

Degrés.............	120	134	144	152	159	171	180	199	213	225
Atmosphères.......	2	3	4	5	6	7	8	10	20	25

(15) *Transformation des colonnes d'eau en colonnes de mercure pour la lecture des volumes gazeux.*

Millim. d'eau.	Millim. de mercure.	Millim. d'eau.	Millim. de mercure.	Millim. d'eau.	Millim. de mercure.	Millim. d'eau.	Millim. de mercure.
1	0.074	8	0.59	35	2.58	65	4.80
2	0.15	9	0.66	40	2.95	70	5.17
3	0.22	10	0.74	45	3.32	75	5.54
4	0.30	15	1.12	50	3.69	80	5.90
5	0.37	20	1.48	55	4.06	85	6.27
6	0.44	25	1.84	60	4.43	90	6.64
7	0.52	30	2.21				

(16) *Table des forces élastiques de la vapeur d'eau à différentes températures, du poids d'un mètre cube de vapeur et du volume d'un kilogr. de vapeur.*

Température.	FORCE ÉLASTIQUE DE LA VAPEUR			VAPEUR		Air poids de 1 m³ q
	en atmosphères. N	en hauteur de mercure H	en hauteur d'eau h = 10 p	Poids de 1 m³ q	Volume de 1 kilog. V	
	atm.	mèt.	mèt.	kilog.	m. c.	kilog.
100°	1	0.76	10.33	0.588	1.699	0.946
106.36	1.25	0.95	12.91	0.723	1.382	1.162
111.74	1.50	1.14	15.50	0.855	1.168	1.375
116.43	1.75	1.33	18.08	0.986	1.014	1.585
120.60	2	1.52	20.66	1.115	0.896	1.792
124.36	2.25	1.71	23.25	1.242	0.804	1.997
127.80	2.50	1.90	25.83	1.368	0.747	2.152
130.92	2.75	2.09	28.41	1.493	0.669	2.401
133.91	3	2.28	30.99	1.617	0.618	2.601
136.66	3.25	2.47	32.94	1.741	5.574	2.799
139.25	3.50	2.66	36.16	1.863	0.536	2.995
141.68	3.75	2.85	38.75	1.984	0.503	3.190
144.19	4	3.04	41.33	2.105	0.475	3.344
146.19	4.25	3.23	43.91	2.225	0.449	3.477
158.29	4.50	3.42	46.49	2.344	0.426	3.768
150.32	4.75	3.61	49.08	2.462	0.406	3.958
152.22	5	3.80	51.66	2.580	0.387	4.148
154.07	5.25	3.99	54.25	2.697	0.370	4.337
155.85	5.50	4.18	56.83	2.814	0.355	4.524
157.56	5.75	4.37	50.41	2.930	0.341	4.711
159.22	6	4.56	62.00	3.047	0.328	4.897

IV

BAROMÉTRIE

(17) *Table de corrections pour la réduction du baromètre à zéro*

Température du baromètre	HAUTEURS DU BAROMÈTRE								
	700	710	720	730	740	750	760	770	780
°	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3
3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8
7	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9
8	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
9	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1
10	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3
11	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4
12	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5
13	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
14	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.8
15	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.8	1.8	1.9	1.9
16	1.8	1.8	1.9	1.9	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0
17	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1
18	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3
19	2.1	2.2	2.2	2.2	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4
20	2.3	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5
21	2.4	2.4	2.4	2.5	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6
22	2.5	2.5	2.6	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.8
23	2.6	2.6	2.7	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9
24	2.7	2.7	2.8	2.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0
25	2.8	2.9	2.9	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1
26	2.9	3.0	3.0	3.1	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3
27	3.0	3.1	3.1	3.2	3.2	3.3	3.3	3.4	3.4
28	3.2	3.2	3.3	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5	3.5
29	3.3	3.3	3.4	3.4	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6
30	3.4	3.4	3.5	3.5	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8
31	3.5	3.5	3.6	3.6	3.7	3.7	3.8	3.8	3.9
32	3.6	3.7	3.7	3.8	3.8	3.9	3.9	4.0	4.0

V

Aréométrie.

Dans l'industrie sucrière allemande, on compte toujours le sucre contenu dans les jus, sirops, ou dissolutions sucrées en p. 100 du poids du jus. En France, au contraire, le sucre est toujours compté en p. 100 du volume des solutions sucrées.

Ainsi les Allemands disent qu'un jus contient 15 p. 100 de sucre, c'est-à-dire 15 gr. dans 100 gr. de liquide.

En France nous disons qu'un jus contient 15 de sucre — et même 15 p. 100 de sucre — c'est-à-dire 15 gr. dans 100 cc. de liquide. Il y a une grande différence dans ces deux expressions.

Cette différence provient des méthodes d'analyse employées et qui ne sont pas identiques dans les deux pays.

D'autre part, les aréomètres allemands étant gradués à 17° 5 c. de température, et les français à 15° c., il en résulte que la comparaison entre les résultats fournis par les instruments des deux pays, est pour ainsi dire impossible, à moins d'avoir recours à des corrections fastidieuses.

Pour permettre aux fabricants et chimistes français d'exprimer comme les Allemands le sucre contenu dans les jus et sirops en p. 100 du poids du liquide, nous avons dressé une table à 15° c. analogue à celle que Balling et Brix ont dressée en Allemagne pour la température de 17° 5 c.

Les degrés de notre table que nous avons appelés Brix-Dupont expriment le taux de sucre pour 100 poids de jus.

Il en résulte que les degrés Brix-Dupont ont à peu près la même valeur qu'auraient les degrés Brix ramenés à 15° c.

Ils permettront la comparaison entre les résultats français et les résultats allemands.

La densité est celle qui est donnée par le *densimètre contrôlé* de la Régie; c'est la densité absolue; à 15° c. la densité absolue de l'eau est 0.99916. Pour obtenir le *poids du litre*, qu'il ne faut pas confondre avec la densité, il suffit de retrancher 1.08 du 4° chiffre exprimant la densité. Soit un jus de betterave qui a une densité de 105.6, que l'on écrit indifféremment 1.056 ou 105 6; le poids du litre de ce jus sera 105.6 — 1.08 = 105.482. On se contente généralement de retrancher 1 du chiffre exprimant les dixièmes de densité. Densité de 105.6 ou par abréviation 5°6; poids du litre = 5°5.

18 *Table de concordance entre la* **densité absolue** *à* + 15°, *les degrés Vivien et les degrés Brix-Dupont à* + 15°.

Densité absolue à + 15°	Degrés Vivien ou sucre p. °/₀ cc.	Degrés Brix-Dupont ou sucre p. 100 gr.	Densité absolue	Degrés Vivien ou sucre °/₀ cc.	Degrés Brix-Dupont ou sucre °/₀ gr.	Densité absolue	Degrés Vivien ou sucre °/₀ cc.	Degrés Brix Pupont ou sucre °/₀ gr.
99.8	0.000	0.000	1034.3	8 849	8.565	1064.8	18.016	16.869
99.9	0.000	0.000	3.4	9.110	8.809	6.9	18.280	17.090
100 »	0.219	0.219	3.5	9.371	9.954			
100.1	0.480	0.479	3.6	9.633	9.298	107 »	18.544	17.330
0.2	0.742	0.738	3.7	9.894	9.541	7.1	18.810	17.562
0.3	1.003	0.997	3.8	10.155	9.783	7.2	19.076	17.794
0.4	1.265	1.255	3.9	10.416	10.026	7.3	19.342	18.025
0.5	1.526	1.518				7.4	19.608	18.257
0.6	1.788	1.776	104 »	10.678	10.267	7.5	19.874	18 487
0.7	2.049	2.034	4.1	10.939	10.508	7.6	20.140	18.716
0.8	2.311	2.291	4.2	11.200	10.748	7.7	20.406	18.945
0.9	2.572	2.548	4.3	11.461	10.988	7.8	20.672	19.174
			4.4	11.722	11.227	7.9	20.938	19.403
101 »	2.834	2.805	4.5	11.984	11.467			
1.1	3.097	3.064	4.6	12.245	11.706	108 »	21.204	19.663
1.2	3.360	3.320	4.7	12.506	11.944	8.1	21.467	19.858
1.3	3.623	3.576	4.8	12.767	12.182	8.2	21.730	20.083
1.4	3.885	3.832	4.9	13.028	12.420	8.3	21.993	20.307
1.5	4.147	4.085				8.4	22.256	20.530
1.6	4.410	4.338	105 »	13.290	12.658	8.5	22.519	20.754
1.7	4.675	4.590	5.1	13.552	12.895	8.6	22.782	20.977
1.8	4.932	4.842	5.2	13.814	13.131	8.7	23.045	21.199
1.9	5.194	5.093	5.3	14.076	13.367	8.8	23.308	21.421
			5.4	14.338	13.602	8.9	23.571	21.642
102 »	5.453	5.346	5.5	14.600	12.838			
2.1	5.714	5.596	5.6	14.862	14.073	109 »	23.833	21.865
2.2	5.975	5.846	5.7	15.124	14.308	9.1	24.094	22.084
2.3	6.236	5.095	5.8	15.386	14.542	9.2	24.356	22.303
2.4	6.497	6.343	5.9	15.649	14.777	9.3	24.617	22.521
2.5	6.758	6.592	106 »	15.912	15.014	9.4	24.879	22.541
2.6	7.020	6.841	6.1	16.175	15.245	9.5	25.141	22.959
2.7	7.281	7.089	6.2	16.438	15.477	9.6	25.402	23.177
2.8	7.542	7.336	6.3	16.701	15.710	9.7	25.664	23.395
2.9	7.804	7.583	6.4	16.964	15.943	9.8	25.925	23.612
						9.9	26.187	23.829
103 »	8.066	7.831	6.5	17.227	16.175			
3.1	8.327	8.076	6.6	17.490	16.407	110 »	26.450	24.045
3.2	8.588	8.321	6.7	17.753	16.638			

(19) *Comparaison entre les degrés saccharométriques (Brix-Dupont et Vivien) les poids spécifiques et les degrés Beaumé, pour les dissolutions de sucre à la température de 15° c.*

Degrés Brix-Dupont. sucre °/₀ gr.	Degrés Vivien sucre °/₀ cc.	Densité absolue	Degrés Baumé Nouveaux corrigés	Degrés Baumé Anciens.
0.0	0.0	0.99916	0.0	0.0
0.1	0.1	0.99958	0.1	0.1
0.2	0.2	0.99989	0.1	0.1
0.3	0.3	1.000	0.2	0.2
0.4	0.4	1.000	0.2	0.2
0.5	0.5	1.001	0.3	0.3
0.6	0.6	1.001	0.3	0.3
0.7	0.7	1.002	0.4	0.4
0.8	0.8	1.002	0.4	0.4
0.9	0.9	1.003	0.5	0.5
1 »	1 »	1.003	0.6	0.55
1.1	1.1	1.003	0.6	0.6
1.2	1.2	1.003	0.65	0.65
1.3	1.3	1.004	0.7	0.7
1.4	1.4	1.004	0.75	0.75
1.5	1.5	1.004	0.8	0.8
1.6	1.6	1.005	0.9	0.9
1.7	1.7	1.005	0.9	1.0
1.8	1.82	1.006	1 »	1.0
1.9	1.92	1.006	1.1	1.1
2 »	2 02	1.007	1.1	1.1
2.1	2.12	1.007	1.2	1.2
2.2	2.22	1.008	1.2	1.2
2.3	2.32	1.008	1.3	1.3
2.4	2.42	1.008	1.3	1.3
2.5	2.52	1.009	1.4	1.4
2.6	2.62	1.009	1.5	1.4
2.7	2.73	1.009	1.5	1.5
2.8	2.84	1.019	1.5	1.5
2.9	2.94	1.010	1.6	1.6
3 »	3.04	1.010	1.7	1.75
3.1	3.14	1.011	1.7	1.7
3.2	3.24	1.012	1.8	1.7
3.3	3.35	1.012	1.8	1.8
3.4	3.45	1.012	1.9	1.9
3.5	3.55	1.013	1.9	1.9

Degrés Brix-Dupont. sucre °/₀ gr.	Degrés Vivien sucre °/₀ cc.	Densité absolue	Degrés Baumé Nouveaux corrigés	Degrés Baumé Anciens.
3.6	3.65	1.013	2 »	2 »
3.7	3.76	1.014	2.1	2 »
3.8	3.86	1.014	2.1	2.1
3.9	3.97	1.014	2.2	2.2
4 »	4.07	1.014	2.2	2.2
4.1	4 18	1.015	2.3	2.3
4.2	4.28	1.015	2.4	2.3
4.3	4.38	1.016	2.4	2.4
4.4	4.48	1.016	2.5	2.45
4.5	4.58	1.017	2.55	2.50
4.6	4.69	1.017	2.6	2.55
4.7	4.79	1.017	2.6	2.6
4.8	4.89	1.018	2.7	2.65
4.9	4.99	1.018	2.8	2.7
5 »	5.10	1.018	2.9	2.8
5.1	5.2	1.019	3 »	2.9
5.2	5.3	1.019	3 »	2.9
5.3	5.4	1.020	3.05	2.9
5.4	5.51	1.020	3.1	2.95
5.5	5.61	1.021	3.1	2.9
5.6	5.72	1.021	3.2	3.1
5.7	5.83	1.022	3.25	3.1
5.8	5.93	1.022	3.3	3.2
5.9	6.03	1.023	3.4	3.3
6 »	6.13	1.023	3.45	3.3
6.1	6.23	1.024	3.5	3.4
6.2	6.33	1.024	3.5	3.4
6.3	6.44	1.025	3.55	3.4
6.4	6.56	1.025	3.6	3.5
6.5	6.66	1.025	3.7	3.6
6.6	6.77	1.025	3.75	3.6
6.7	6.87	1.026	3.8	3.7
6.8	6.98	1.026	3.85	3.7
6.9	7.08	1.027	3.9	3.8
7 »	7.19	1.027	3.95	3.35

Degrés Brix-Dupont. sucre °/° gr.	Degrés Vivien sucre °/° cc.	Densité absolue	Degrés Baumé Nouveaux corrigés.	Degrés Baumé Anciens.
7.1	7.30	1.027	4 »	3.9
7.2	7.40	1.028	4.1	4 »
7.3	7.50	1.028	4.1	4 »
7.4	7.61	1.028	4.2	4.1
7.5	7.71	1.029	4.2	4.1
7.6	7.82	1.029	4.3	4.2
7.7	7.93	1.029	4.35	4.25
7.8	8.04	1.030	4.4	4.3
7.9	8.15	1.030	4.5	4.4
8 »	8.25	1.031	4.5	4.4
8.1	8.35	1.031	4.6	4.5
8.2	8.46	1.032	4.6	4.5
8.3	8.57	1.032	4.7	4.6
8.4	8.68	1.032	4.7	4.6
8.5	8.79	1.033	4.8	4.7
8.6	8.89	1.033	4.85	4.75
8.7	8.99	1.033	4.9	4.8
8.8	9.11	1.034	4.95	4.85
8.9	9.22	1.035	5 »	4.9
9 »	9.32	1.035	5.1	5 »
9.1	9.4	1.035	5.2	5.05
9.2	9.5	1.036	5.2	5.1
9.3	9.6	1.036	5.3	5.15
9.4	9.75	1.037	5.3	5.2
9.5	9.86	1.037	5.4	5.25
9.6	9.97	1.037	5.4	5.3
9.7	10.08	1.038	5.45	5.35
9.8	10.18	1.038	5.5	5.4
9.9	10.28	1.038	5.55	5.45
10 »	10.39	1.039	5.6	5.5
10.1	10.50	1.039	5.7	5.6
10.2	10.60	1.040	5.7	5.6
10.3	10.71	1.040	5.8	5.7
10.4	10.82	1.040	5.85	5.75
10.5	10.93	1.041	5.9	5.80
10.6	11.04	1.042	6 »	5.85
10.7	11.16	1.042	6.1	5.9
10.8	11.27	1.042	6.1	6 »
10.9	11.37	1.043	6.15	6 »
11 »	11.48	1.043	6.2	6.1
11.1	11.59	1.043	6.2	6.1
11.2	11.71	1.044	6.3	6.2

Degrés Brix-Dupont sucre °/° gr.	Degrés Vivien sucre °/° cc.	Densité absolue	Degrés Baumé Nouveaux corrigés.	Degrés Baumé Anciens.
11.3	11.81	1.044	6.4	6.25
11.4	11.91	1.045	6.45	6.30
11.5	12.02	1.045	6.5	6.35
11.6	12.13	1.045	6.55	6.40
11.7	12.25	1.046	6.6	6.50
11.8	12.36	1.046	6.65	6.5
11.9	12.46	1.046	6.7	6.6
12 »	12.57	1.047	6.75	6.65
12.1	12.68	1.048	6.8	6.7
12.2	12.79	1.048	6.85	6.75
12.3	12.90	1.048	6.95	6.8
12.4	13.02	1.049	7 »	6.85
12.5	13.11	1.050	7.1	6.9
12.6	13.23	1 050	7.15	6.95
12.7	13.33	1.050	7.2	7 »
12.8	13.46	1.051	7.2	7 »
12.9	13.56	1.051	7.2	7.1
13 »	13.66	1.051	7.3	7.2
13.1	13.79	1.052	7.4	7.25
13.2	13.89	1.052	7.4	7.3
13.3	14.02	1.053	7.5	7.35
13.4	14.12	1.053	7.5	7.4
13.5	14.23	1.054	7.6	7.45
13.6	14.34	1.054	7.6	7.5
13.7	14.41	1.054	7.7	7.55
13.8	14.55	1.055	7.75	7.6
13.9	14.66	1.055	7.8	7.65
14 »	14.77	1.056	7.9	7.7
14.1	14.89	1.056	7.9	7.9
14.2	15 »	1.056	8 »	7.9
14.3	15.12	1.057	8.1	7.9
14.4	15.23	1.058	8.2	7.9
14.5	15.35	1.058	8.1	8 »
14.6	15.45	1.058	8.3	8 »
14.7	15.56	1.059	8.3	8.1
14.8	15.67	1.059	8.35	8.2
14.9	15.78	1.059	8.4	8.2
15 »	15.90	1.060	8.4	8.3
15.1	16 »	1.060	8.5	8.3
15.2	16.13	1.060	8.5	8.4
15.3	16.23	1.061	8.55	8.4
15.4	16.35	1.061	8.3	8.5

Degrés Brix-Dupont. sucre °/o gr.	Degrés Vivien sucre °/o cc.	Densité absolue	Degrés Baumé — Nouveaux corrigés	Degrés Baumé — Anciens
15.5	16.47	1.062	8.6	8.55
15.6	16.58	1.062	8.7	8.6
15.7	16.70	1.063	8.8	8.65
15.8	16.81	1.063	8.9	8.7
15.9	16.93	1.064	8.95	8.75
16 »	17.04	1.064	9.0	8.8
16.1	17.16	1.064	9 »	8.9
16.2	17.26	1.065	9.1	8.95
16.3	17.37	1.066	9.2	9 »
16.4	17.49	1.066	9.3	9.05
16.5	17.60	1.067	9.3	9.1
16.6	17.72	1.067	9.35	9.15
16.7	17.83	1.067	9.4	9.2
16.8	17.96	1.068	9.4	9.25
16.9	18.07	1.068	9.5	9.3
17 »	18.18	1.069	9.55	9.35
17.1	18.29	1.069	9.6	9.45
17.2	18.40	1.070	9.6	9.5
17.3	18.53	1.070	9.7	9.55
17.4	18.64	1.070	9.8	9.6
17.5	18.75	1.071	9.9	9.7
17.6	18.86	1.072	9.9	9.75
17.7	18.98	1.072	10 »	9.8
17.8	19.09	1.073	10 »	9.85
17.9	19.20	1.073	10 »	9.9
18 »	19.33	1.073	10.1	9.9
18.1	19.45	1.073	10.1	9.9
18.2	19.56	1.073	10.2	10 »
18.3	19.66	1.073	10.2	10 »
18.4	19.78	1.074	10.3	10.1
18.5	19.89	1.075	10.4	10.2
18.6	20.00	1.075	10.4	10.2
18.7	20.12	1.075	10.5	10.2
18.8	20.21	1.076	10.5	10.3
18.9	20.36	1.076	10.6	10.3
19 »	20.47	1.077	10.6	10.4
19.1	20.58	1.077	10.6	10.5
19.2	20.69	1.077	10.7	10.6
19.3	20.81	1.078	10.7	10.6
19.4	20.92	1.078	10.8	10.7
19.5	21.03	1.079	10.9	10.7

Degrés Birx-Dupont. sucre °/o gr.	Degrés Vivien sucre °/o cc.	Densité absolue	Degrés Baumé — Nouveaux corrigés.	Degrés Baumé — Anciens.
19.6	21.15	1.079	11 »	10.8
19.7	21.27	1.080	11.1	10.9
19.8	21.38	1.080	11.1	10.9
19.9	21.59	1.081	11.1	11 »
20 »	21.60	1.081	11.2	11 »
20.2	21.85	1.082	11.3	11.1
20.4	22.04	1.083	11.4	11.2
20.5	22.21	1.084	11.5	11.3
20.6	22.23	1.084	11.6	11.4
20.8	22.57	1.085	11.7	11.5
21 »	22.84	1.085	11.8	11.6
21.2	23.05	1.086	11.8	11.6
21.4	23.29	1.087	11.9	11.7
21.5	23.40	1.088	12 »	11.8
21.6	23.50	1.088	12.1	11.9
21.8	23.75	1.089	12.25	12 »
22 »	24 »	1.090	12.3	12.1
22.2	24.24	1.091	12.4	12.2
22.4	24.47	1.091	12.5	12.3
22.5	24.59	1.092	12.6	12.4
22.6	24.71	1.092	12.7	12.5
22.8	24.95	1.093	12.8	12.5
23 »	25.20	1.094	12.85	12.6
23.2	25.43	1.095	12.9	12.7
23.4	25.67	1.096	13 »	12.8
23.5	25.79	1.097	13.1	12.9
23.6	25.90	1.098	13.2	13 »
23.8	26.15	1.099	13.3	13.1
24 »	26.40	1.100	13.5	13.2
24.2	26.63	1.101	13.6	13.3
24.4	26.88	1.102	13.7	13.4
24.5	27 »	1.103	13.7	13.5
24.6	27.12	1.103	13.8	13.6
24.8	27.37	1.104	13.9	13.7
25 »	27.62	1.104	14 »	13.8
25.2	27.06	1.105	14.1	13.9
25.4	28.12	1.106	14.2	14 »
25.5	28.24	1.107	14.3	14.1
25.6	28.36	1.107	14.4	14.2

Degrés Brix-Dupont. sucre °/° gr.	Degrés Vivien sucre °/° cc.	Densité absolue.	Degrés Baumé	
			Nouveaux corrigés	Anciens.
25.8	28.61	1.108	14.6	14.3
26 »	28.86	1.109	14.7	14.4
26.2	29.11	1.110	14.8	14.5
26.4	29.36	1.111	14.9	14.6
26.5	29.49	1.112	15 »	14.7
26.6	29.61	1.113	15.1	14.8
26.8	29.86	1.114	15.2	14.9
27 »	30.11	1.115	15.3	15 »
27.2	30.36	1.116	15.4	15.1
27.4	30.61	1.117	15.5	15.2
27.5	30.74	1.117	15.6	15.3
27.6	30.86	1.118	15.7	15.4
27.8	31.11	1.120	15.8	15.5
28 »	31.37	1.120	15.9	15.6
28.2	31.62	1.121	16 »	15.7
28.4	31.88	1.122	16.1	15.8
28.5	32 »	1.122	16.2	15.9
28.6	32.13	1.123	16.3	16 »
28.8	32.39	1.124	16.4	16.1
29 »	32 64	1.125	16.5	16.2
29.2	32.90	1.126	16.6	16.3
29.4	33.16	1.127	16.7	16.4
29.5	33.29	1.128	16.8	16.5
29.6	33.42	1.129	16.9	16.6
29.8	33.68	1.130	17 »	16.7
30 »	33.94	1.131	17.1	16.8
30.2	34.20	1.132	17.2	16.9
30.4	34.46	1.133	17.3	17 »
30.5	34.59	1.134	17.4	17.1
30.6	34.72	1.135	17.5	17.2
30.8	34.98	1.136	17.6	17.3
31 »	35.25	1.137	17.7	17.4
31.2	35.53	1.138	17.8	17.5
31.4	35.81	1.139	17.9	17.6
31.5	35.95	1.139	18 »	17.7
31.6	36.10	1.140	18.1	17.8
31.8	36.36	1.141	18.2	17.9
32 »	36.54	1.141	18.3	18 »

Degrés Brix-Dupont. sucre °/° gr.	Degrés Vivien sucre °/° cc.	Densité absolue.	Degrés Baumé	
			Nouveaux corrigés	Anciens.
32.2	36.80	1.142	18.4	18.1
32.4	37.06	1.143	18.5	18.2
32.5	37.20	1.144	18.6	18.3
32.6	37.32	1.145	18.7	18.4
32.8	37.60	1.146	18.8	18.5
33 »	37.85	1.147	18.9	18.6
33.2	38.12	1.148	19 »	18.7
33.4	38.40	1.149	19.1	18.8
33.5	38.50	1.149	19.2	18.9
33.6	38.65	1.150	19.3	19 »
33.8	38.90	1.150	19.4	19.1
34 »	39.18	1.151	19.5	19.1
34.2	39.44	1.152	19.6	19.2
34.4	39.70	1.153	19.7	19.3
34.5	39.83	1.154	19.8	19.4
34.6	39.96	1.155	19.9	19.5
34.8	40.23	1.156	20 »	19.5
35 »	40.50	1.156	20 1	19.7
35.2	40.75	1.157	20.2	19.7
35.4	41.02	1.158	20.3	19.8
35.5	41.15	1.158	20.3	19.9
35.6	41 30	1.159	20.4	20 »
35.8	41.65	1.160	20.5	20.1
36 »	41.82	1.161	20.6	20.2
36.2	42.09	1.162	20.7	20.3
36.4	42.36	1.163	20.8	20.4
36.5	42.50	1.164	20.9	20.5
36.6	42.63	1.164	20.9	20.5
36.8	42.90	1.165	21.0	20.6
37 »	43.17	1.166	21.1	20.7
37.2	43.45	1.167	21.2	20.8
37.4	43.70	1.168	21.3	20.9
37.5	43.85	1.169	21.4	21 »
27.6	44 »	1.170	21.5	21.1
37.8	44.25	1.171	21.6	21.2
38 »	44.52	1.171	21.6	21.2
38.2	44.80	1.172	21.7	21.3
38.4	45.07	1.173	21.8	21.4
38.5	45.21	1.174	21.9	21.5

Degrés Brix-Dupont. sucre °/o gr.	Degrés Vivien sucre °/o cc.	Densité absolue.	Degrés Baumé		Degrés Brix-Dupont. sucre °/o gr.	Degrés Vivien sucre °/o cc.	Densité absolue.	Degrés Baumé	
			Nouveaux corrigés	Anciens.				Nouveaux corrigés	Anciens.
38.6	45.35	1.175	22.0	21.6	45.2	54.65	1.208	25.5	25 »
38.8	45.63	1.176	22.1	21.7	45.4	54.93	1.209	25.6	25.1
39 »	45.90	1.176	22.2	21.8	45.5	55.08	1.210	25.6	25.1
					45.6	55.22	1.211	25.7	25.2
39.2	46.17	1.177	22.3	21.9	45.8	55.50	1.212	25.8	25.3
39.4	46.45	1.178	22.4	22 »	45 »	55.80	1.213	25.9	25.4
39.5	46.58	1.179	22.5	22.1					
39.6	46.72	1.180	22.6	22.2	46.2	56.10	1.214	26 »	25.5
39.8	47 »	1.181	22.7	22.3	46.4	56.40	1.215	26.1	25.6
40 »	47.27	1.182	22.7	22.3	46.5	56.54	1.216	26.2	25.7
					46.6	56.68	1.216	26.3	25.8
40.2	47.55	1.183	22.8	22.4	46.8	56.97	1.217	26.4	25.9
40.4	47.82	1.183	22.9	22.5	47 »	57.27	1.218	26.5	26.0
40.5	47.95	1.184	23 »	22.6					
40.6	48.10	1.185	23.1	22.6	47.2	57.57	1.219	26.6	26.1
40.8	48.40	1.186	23.1	22.7	47.4	57.86	1.220	26.6	26.1
41 »	48.56	1.187	23.2	22.8	47.5	58.00	1.221	26.7	26.2
					47.6	58.16	1.222	26.8	26.3
41.2	48.95	1.188	23.3	22.9	47.8	58.46	1.222	26.9	26.4
41.4	49.22	1.188	23.4	23 »	48 »	58.75	1.223	27 »	26.5
41.5	49.36	1.189	23.5	23.1					
41.6	49.40	1.190	23.6	23.2	48.2	59.05	1.224	27.1	36.6
41.8	49.80	1.191	23.7	23.3	48.4	59.34	1.225	27.2	26.7
42 »	50.07	1.192	23.8	23.4	48.5	59.50	1.226	27.3	26.8
					18.6	59.64	1.227	27.3	26.8
42.2	50.35	1.193	23.9	23.5	48.8	59.94	1.228	27.4	26.9
42.4	50.63	1.193	24 »	23.6	49 »	60.23	1.229	27.5	27 »
42.5	50.77	1.194	24.1	23.5					
42.6	50.90	1.195	24.1	23.7	49.2	60.53	1.230	27.6	27.1
42.8	51.20	1.196	24.2	23.8	49.4	60.84	1.231	27.7	27.2
43 »	51.47	1.197	24.3	23.9	49.5	61.00	1.232	27.7	27.2
					49.6	61.14	1.233	27.8	27.3
43.2	51.76	1.198	24.5	24 »	49.8	61.45	1.234	27.9	27.4
43.4	52.05	1.198	24.55	24.1	50 »	61.75	1.235	28 »	27.5
43.5	52.20	1.199	24.6	24.1					
43.6	52.35	1.200	24.7	24.2	50.2	62.05	1.236	28.1	27.6
43.8	52.63	1.201	24.8	24.3	50.4	62.35	1.237	28.2	27.7
44 »	52.92	1.202	24.9	24.4	50.5	62.50	1.238	28.3	27.8
					50.6	62.67	1.238	28.4	27.9
44.2	53.20	1.203	25 »	24.5	50.8	62.97	1.239	28.5	28 »
44.4	53.50	1.204	25.1	24.6	51 »	63.28	1.240	28.6	28.1
44.5	53.63	1.205	25.2	24.7					
44.6	53.78	1.206	25.3	24.8	51.2	63.59	1.241	28.6	28.1
44.8	54.06	1.207	25.4	24.8	51.4	63.90	1.242	28.7	28.2
45 »	54.35	1.208	25.4	24.9	51.5	64.05	1.243	28.8	28.2

Degrés Brix-Dupont. sucre °/. gr.	Degrés Vivien sucre °/. cc.	Densité absolue.	Degrés Baumé		Degrés Brix-Dupont. sucre °/. gr.	Degrés Vivien sucre °/. cc.	Densité absolue.	Degrés Baumé	
			Nouveaux corrigés	Anciens.				Nouveaux corrigés	Anciens.
51.6	64.21	1.244	28.9	28.3	58.2	74.40	1.276	31.9	31.3
51.8	64.52	1.244	28.9	28.3	58.4	74.75	1.277	32 »	31.4
52 »	64.74	1.245	28.9	28.4	58.5	74.90	1.278	32.1	31.5
					58.6	75.05	1.279	32.2	31.6
52.2	64.96	1.245	29.0	28.4	58.8	75.40	1.280	32.3	31.7
52.4	65.27	1.245	29 »	28.4	59 »	75.70	1.281	32.4	31.8
52.5	65.34	1.246	29.1	28.5					
52.6	65.58	1.247	29.2	28.6	59.2	76 »	1.282	32.5	31.9
52.8	65.90	1.248	29.3	28.7	59.4	76.35	1.283	32.6	32 »
53 »	66.22	1.248	29.3	28.7	59.5	76.50	1.284	32.7	32.05
					59.6	76.70	1.285	32.7	32.1
53.2	66.52	1.249	29.3	28.7	59.8	77 »	1.286	32.8	32.2
53.4	66.83	1.250	29.4	28.8	60 »	77.35	1.287	32.9	32.3
53.5	66.98	1.251	29.5	28.9					
53.6	67.13	1.252	29.6	29 »	60.2	77.65	1.289	33 »	32.4
53.8	67.45	1.253	29.7	29.1	60.4	78 »	1.290	33.2	32.5
54 »	67.75	1.254	29.7	29.2	60.5	78 16	1.291	33.2	32.6
					60.6	78.33	1.292	33.35	32.6
54.2	68.05	1.255	29.8	29.3	60.8	78.66	1.293	33.45	32.7
54.4	68.35	1.256	29.9	29.4	61 »	78.99	1.293	33.45	32.8
54.5	68.50	1.256	30 »	29.5					
54.6	68.65	1.257	30.1	29.5	61.2	79.30	1.294	33.6	32.9
54.8	69 »	1.258	30.1	29.5	61.4	79.65	1.295	33.6	33 »
55 »	69.30	1.259	30.2	29.6	61.5	79.80	1.296	33.7	33.1
					61.6	80.00	1.297	33.8	33.2
55.2	69.60	1.260	30.3	29.7	61.3	80.33	1.298	33.9	33.2
55.4	69.95	1.261	30.4	29.8	62 »	80.65	1.297	34 »	33.3
55.5	70.10	1.262	30.5	29.9					
55.6	70.25	1.263	30.6	30 »	62.2	81.00	1.300	34.1	33.4
55.8	70.60	1.264	30.7	30.1	62.4	81.33	1.301	34.1	33.5
56 »	70.90	1.264	30.8	30.2	62.5	81.50	1.302	34.2	33.5
					62.6	81.65	1.303	34.2	33.6
56.2	71.20	1.265	30.8	30.3	62.8	82.00	1.304	34.4	33.7
56.4	71.55	1.266	31.05	30.4	63 »	82.35	1.305	34.4	33.8
56.5	71.70	1.267	31.2	30.5					
56.6	71.85	1.268	31.2	30.6	63.2	82.65	1.306	34.5	33.9
56.8	72.17	1.269	31.3	30.7	63.4	83.00	1.307	34.6	34 »
57 »	72.48	1.270	31.4	30.8	63.5	83.16	1.308	34.7	34.1
					63.6	83.35	1.309	34.85	34.2
57.2	72.80	1.271	31.5	30.9	63.8	83.70	1.310	34.9	34.2
57.4	73.3	1.272	31.6	31 »	64 »	84.00	1.311	35 »	34.3
57.5	73.30	1.273	31.7	31.1					
57.6	73.45	1.274	31.8	31.2	64.2	84.35	1.312	35.1	34.4
57.8	73.75	1.275	31.8	31.2	64.4	84.70	1.313	35.2	34.5
58 »	74.10	1.276	31.9	31.3	64.5	84.90	1.314	35.3	34.6

Degrés Brix-Dupont. sucre °/₀ gr.	Degrés Vivien sucre °/₀ cc.	Densité absolue.	Degrés Baumé	
			Nouveaux corrigés	Anciens.
64.6	85.05	1.315	35.3	34.6
64.8	85.40	1.316	35.4	34.7
65 »	85.70	1.317	35.5	34.8
65.2	86 »	1.318	35.6	34.9
65.4	86.40	1.319	35.7	35 »
65.5	86.60	1.320	35.8	35.1
65.6	86.30	1.321	35.8	35.15
65.8	87.15	1.322	35.9	35.25
66 »	87.50	1.323	36 »	35.35
66.2	87.80	1.324	36.1	35.5
66.4	88.15	1.325	36.2	35.5
66.5	88.35	1.326	36.3	35.6
66.6	88.50	1.327	36.3	35.7
66.8	88.85	1.328	36.4	35.8
67 »	89.20	1.329	36.5	35.9
67.2	89.55	1.330	36.6	36 »
67.4	89.90	1.331	36.7	36 »
67.5	90.05	1.332	36.75	36.1
67.6	90.25	1.333	36.8	36.2
67.8	90.55	1.334	36.9	36.3
68 »	90.95	1.335	37 »	36.3
68.2	91.30	1.336	37.1	36.4
68.4	91.65	1.337	37.2	36.5
68.5	91.80	1.338	37.3	36.6
68.6	92.00	1.339	37.4	36.6
68.8	92.35	1.340	37.4	36.7
69 »	92.70	1.341	37.5	36.8
69.2	93.05	1.342	37.6	36.9
69.4	93.40	1.343.5	37.8	37 »
69.5	93.60	1.344	37.9	37.1
69.6	93.75	1.345	37.9	37.2
69.8	94.10	1.346	38 »	37.3
70 »	94.50	1.347	38.1	37.4
70.2	94.85	1.348	38.2	37.5
70.4	95.20	1.349	38.2	37.5
70.5	95.40	1.350	38.3	37.6
70.6	95.55	1.351	38.4	37.7
70.8	95.90	1.352	38.5	37.8
71 »	96.30	1.353	38.5	37.8

Degrés Brix-Dupont. sucre °/₀ gr.	Degrés Vivien sucre °/₀ cc.	Densité absolue.	Degrés Baumé	
			Nouveaux corrigés	Anciens.
71.2	96.65	1.354	38.6	37.9
71.4	97 »	1.355	38.7	38 »
71.5	97.20	1.356	38.8	38 »
71.6	97.40	1.357	38.8	38.1
71.8	97.75	1.358	38.9	38.2
72 »	98.10	1.359	39 »	38.3
72.2	98.45	1.360	39.1	38.4
72.4	98.86	1.362	39.2	38.5
72.5	99 »	1.363	39.3	38.6
72.6	99.20	1.364	39.4	38.6
72.8	99.55	1.365	39.5	38.7
73 »	99.90	1.367	39.6	38.8
73.2	100.30	1.368	39.6	38.9
73.4	100.65	1.369	39.7	39 »
73.5	100.84	1.370	39.8	39 »
73.6	101.05	1.371	39.8	39.1
73.8	101.40	1.372	39.9	39.2
74 »	101.75	1.373	40 »	39.3
74.2	102.15	1.374	40.1	39.4
74.4	102.50	1.375	40.2	39.5
74.5	102.70	1.376	40.3	39.5
74.6	102.88	1.377	40.4	39.6
74.8	103.25	1.378	40.5	39.7
75 »	103.60	1.379	40.6	39.8
75.2	104.00	1.380	40.7	39.9
75.4	104.35	1.382	40.7	40 »
75.5	104.55	1.383	40.7	40 »
75.6	104.75	1.384	40.8	40.1
75.8	105.10	1.385	40.9	40.2
75 »	105.50	1.386	41 »	40.3
76.2	105.88	1.387	41.1	40.4
76.4	106.25	1.388	41.2	40.5
76.5	106.40	1.389	41.3	40.6
76.6	106.60	1.390	41.4	40.6
76.8	107 »	1.392	41.5	40.7
77 »	107.39	1.393	41.6	40.8
77.2	107.75	1.394	41.7	40.9
77.4	108.15	1.395.6	41.8	41 »
77.5	108.35	1.396	41.9	41.1

Degrés Brix-Dupont sucre °/₀ gr.	Degrés Vivien sucre °/₀ cc.	Densité absolue	Degrés Baumé		Degrés Brix-Dupont sucre °/₀ gr.	Degrés Vivien sucre °/₀ cc.	Densité absolue	Degrés Baumé	
			Nouveaux corrigés.	Anciens.				Nouveaux corrigés.	Anciens.
77.6	108.55	1.397	42 »	41.2	80.4	113.95	1.414	43.3	42.4
77.8	108.90	1.398	42 »	41.2	80.5	114.15	1.416	43.3	42.5
78.»	109.30	1.399	42 1	14.3	80.6	114.40	1.417	43.4	42.6
					80.8	114.70	1.418	43.5	42.7
78.2	109.70	1.400	42.2	41.4	81 »	115.15	1.420	43.6	42.7
78.4	110.05	1.401	42.3	41.5					
78.5	110.30	1.402	42.3	41.5	81.2	115.57	1.421	43.7	42.9
78.6	110.45	1.403	42.4	41.6	81.4	115.95	1.423	43.8	43 »
78.8	110.85	1.404	42.5	41.7	81.5	116.15	1.424	43.9	43.1
79 »	111.25	1.405	42.6	41.8	81.6	116.35	1.425	44 »	43.2
					81.8	116.75	1.426	44.1	43.2
79.2	111.60	1.406	42.6	41.8	82 »	117.15	1.427	44.1	13.3
79.4	112 »	1.407	42.7	41.9					
79.5	112.20	1.409	42.8	42 »	82.2	117.55	1.428	44.2	43.3
79.6	112.40	1.410	42.9	42.1	82.4	117.90	1.429	44.3	43.4
79.8	112.80	1.411	43 »	42.1	82.5	118.15	1.430	44.3	43.4
80 »	113.15	1.412	43.1	42.2	82.6	118.30	1.431	44.4	43.5
					82.8	118.70	1.432	44.5	43.7
80.2	113.55	1.413	43.2	42.3	83 »	119.10	1.434	44.6	43.7

NOTA : Pour avoir le *poids du litre*, il suffit de retrancher 1.08 ou simplement 1 du 4e chiffre de la densité. Soit densité 1.397, le poids du litre sera 1.396 grammes.

(20) *Table de comparaison entre les degrés de l'aréomètre de Baumé avec la densité à + 15° C.*

Dans cette table la densité à + 15° = 1,000. C'est la densité Gay-Lussac.

Deg. Baumé anc.	Deg. Baumé corrig.	Densité	Deg. Baumé anc.	Deg. Baumé corrigés	Densité	Deg. Baumé anc.	Deg. Baumé corrigés	Densité
0	0	0.0000	20	20.4	1.1608	40	40.75	1.3834
1	1	1.0069	21	21.4	1.1702	41	41.8	1.3968
2	2	1.0140	22	22.4	1.1798	42	42.8	1.4106
3	3.1	1.0212	23	23.5	1.1896	43	43.8	1.4244
4	4.1	1.0285	24	24.5	1.1994	44	44.85	1.4386
5	5.1	1.0358	25	25.5	1.2095	45	45.9	1.4531
6	6.1	1.0434	26	26.5	1.2198	46	46.9	1.4678
7	7.15	1.0509	27	27.5	1.2301	47	47.9	1.4828
8	8.2	1.0587	28	28.6	1.2407	48	48.95	1.4984
9	9.2	1.0665	29	29.6	1.2515	49	49.95	1.5141
10	10.2	1.0744	30	30.6	1·2625	50	51	1.5301
11	11.2	1.0825	31	31.6	1.2736	51	52	1.5466
12	12.25	1.0907	32	32.6	1.2849	52		1.5633
13	13.3	1.0990	33	33.7	1.2965	53		1.5804
14	14.3	1.1074	34	34.7	1.3082	54		1.5978
15	15.3	1.1160	35	35.7	1.3202	55		1.6158
16	16.3	1.1247	36	36.7	1.3324	56		1.6342
17	17.3	1.1335	37	37.7	1.3447	57		1.6529
18	18.35	1.1425	38	38.7	1.3574	58		1.6720
19	19.4	1.1516	39	39.75	1.3703	59		1.6916

(21) *Table de comparaison entre les anciens degrés Baumé **et** les degrés Balling ou Brix à + 17° 5 C. ou 14° Réaumur,*

Degré Baumé	Degré Brix	Degré Baumé	Degré Brix	Degré Baumé	Degré Brix	Degré Baumé	Degré Brix
0	0.00	13	23.52	26	47.73	39	73.23
0.5	0.90	13.5	24.43	26.5	48.68	39.5	74.25
1	1.80	14	25.35	27	49.63	40	75.27
1.5	2.69	14.5	26.27	27.5	50.59	40.5	76.29
2	3.59	15	27.19	28	51.55	41	77.32
2.5	4.49	15.5	28.10	28.5	52.51	41.5	78.35
3	5.39	16	29.03	29	53.47	42	79.39
3.5	6.29	16.5	29.95	29.5	54.44	42.5	80.43
4	7.19	17	30.87	30	55.47	43	81.47
4.5	8.09	17.5	31.79	30.5	56.37	43.5	82.51
5	9.00	18	32.72	31	57.34	44	83.56
5.5	9.90	18.5	33.65	31.5	58.32	44.5	84.62
6	10.80	19	34.58	32	59.29	45	85.68
6.5	11.70	19.5	35.50	32.5	60.27	45.5	86.74
7	12.61	20	36.44	33	61.25	46	87.81
7.5	13.51	20.5	37.37	33.5	62.23	46.5	88.88
8	14.42	21	38.30	34	63.22	47	89.96
8.5	15.32	21.5	39.24	34.5	64.21	47.5	91.03
9	16.23	22	40.17	35	65.20	48	92.12
9.5	17.14	22.5	41.11	35.5	66.19	48.5	93.21
10	18.05	23	42.05	36	67.19	49	94.30
10.5	18.96	23.5	42.09	36.5	68.19	49.5	95.40
11	19.87	24	43.94	37	69.19	50	96.51
11.5	20.78	24.5	44.88	37.5	70.20	50.5	97.62
12	21.69	25	45.83	38	71.20	51	98.73
12.5	22.60	25.5	46.78	38.5	72.22	51.5	99.85

(22) ***Comparaison entre les degrés Balling ou Brix et les anciens degrés Baumé à + 17° 5 C. ou 14° R.***

Degré Brix	Degré Baumé	Degré Brix	Degré Baumé	Degré Brix	Degré Baumé	Degré Brix	Degré Baumé
1	0.56	26	14.35	51	27.71	76	40.36
2	1.11	27	14.90	52	28.24	77	40.84
3	1.67	28	15.44	53	28.75	78	41.33
4	2.23	29	15.99	54	29.27	79	41.81
5	2.78	30	16.53	55	29.79	80	42.29
6	3.34	31	17.07	56	30.31	81	42.78
7	3.89	32	17.61	57	30.82	82	43.25
8	4.45	33	18.15	58	31.34	83	43.73
9	5.00	34	18.69	59	31.85	84	44.21
10	5.55	35	19.23	60	32.36	85	41.68
11	6.11	36	19.77	61	32.87	86	45.15
12	6.66	37	20.30	62	33.38	87	45.62
13	7.22	38	20.84	63	33.89	88	46.09
14	7.77	39	21.37	64	34.40	89	46.56
15	8.32	40	21.91	65	34.90	90	47.02
16	8.87	41	22.44	66	35.40	91	47.48
17	9.42	42	22.97	67	35.90	92	47.95
18	9.97	43	23.50	68	36.41	93	48.40
19	10.52	44	24.03	69	36.91	94	48.86
20	11.07	45	24.56	70	37.40	95	49.32
21	11.62	46	25.09	71	37.90	96	49.77
22	12.17	47	25.62	72	38.39	97	50.22
23	12.72	48	26.14	73	38.89	98	50.67
24	13.26	49	26.67	74	39.38	99	51.12
25	13.81	50	27.19	75	39.87	100	51.56

(23) *Indications de l'Aréomètre pèse mélasse ramenées à la température de 15 degrés*

Par Collardeau-Vacher

Températures	37°	38°	39°	40°	41°	42°	43°
0..............	36°1	37°1	38°1	39°1	40°1	41.1	42°1
1..............	36.1	37.1	38.1	39.2	40.2	41.2	42.2
2..............	36.2	37.2	38.2	39.2	40.2	41.2	42.2
3..............	36.2	37.2	38.2	39.2	40.3	41.3	42.3
4..............	36.3	37.3	38.3	39.3	40.3	41.3	42.3
5..............	36.3	37.3	38.3	39.3	40.4	41.4	42.4
6..............	36.4	37.4	38.4	39.4	40.4	41.4	42.4
7..............	36.4	37.5	38.4	39.5	40.5	41.5	42.5
8..............	36.5	37.5	38.5	39.5	40.5	41.5	42.5
9..............	36.5	37.6	38.6	39.6	40.6	41.6	42.6
10..............	36.6	37.6	38.7	39.7	40.6	41.6	42.6
11..............	36.7	37.7	38.7	39.7	40.7	41.7	42.7
12..............	36.8	37.8	38.8	39.8	40.8	41.7	42.7
13..............	36.9	37.9	38.9	39.9	40.8	41.8	42.8
14..............	36.9	37.9	38.9	39.9	40.9	41.9	42.9
15..............	37.0	38°	39°	40°	41°	42°	43°
16..............	37.0	38.1	39.0	40.0	41.0	42.0	43.0
17..............	37.1	38.1	39.1	40.1	41.1	42.1	43.1
18..............	37.1	38.2	39.2	40.1	41.1	42.1	43.1
19..............	37.2	38.2	39.2	40.2	41.2	42.2	43.2
20..............	37.2	38.3	39.3	40.2	41.3	42.3	43.2
21..............	37.3	38.4	39.4	40.3	41.3	42.3	43.3
22..............	37.3	38.4	39.4	40.4	41.4	42.4	43.4
23..............	37.4	38.5	39.5	40.4	41.4	42.5	43.5
24..............	37.4	38.5	39.5	40.5	41.5	42.5	43.5
25..............	37.5	38.6	39.6	40.5	41.5	42.6	43.6
26..............	37.5	38.6	39.6	40.6	41.6	42.6	43.6
27..............	37.6	38.7	39.7	40.7	41.7	42.7	43.7
28..............	37.6	38.7	39.7	40.7	41.7	42.7	43.7
29..............	37.7	38.8	39.8	40.8	41.8	42.8	43.8
30..............	37.7	» »	39.8	40.8	41.8	42.8	43.9

(24) *Richesse en sucre des masses cuites (grains et sirops).*

DENSITÉ	Sirop de D=1400	Sucre cristallisé.	Sucre tntal.	P. 100.	DENSITÉ	Sirop de D=1400	Sucre cristallisé.	Sucre total.	P. 100
1405	1334.75	70.25	1090.378	77.606	1505	677.25	827.75	1345.335	89.390
1410	1304.325	105.675	1102.562	78.197	1510	641.825	868.175	1357.571	89.885
1415	1273.50	141.50	1114.812	78.783	1515	606	909	1372.155	90.572
1420	1242.415	177.585	1127.155	79.376	1520	569.915	950.085	1385.651	91.162
1425	1211.25	213.75	1139.480	79.964	1525	533.75	991.25	1399.232	91.753
1430	1179.825	250.175	1151.885	80.549	1530	497.325	1032.675	1412.756	92.337
1435	1148.	287.0	1164.390	81.142	1535	460.5	107.45	1426.454	92.927
1440	1115.915	324.085	1176.955	81.735	1540	423.415	1116.585	1440.182	93.519
1445	1083.75	361.25	1189.540	82.320	1545	386.25	1158.75	1453.917	94.103
1450	1054.325	398.675	1202.177	82.907	1550	348.825	1201.175	1467.759	94.696
1455	1018.50	436.50	1214.975	83.504	1555	314	1244	1481.692	95.286
1460	985.415	474.585	1227.705	84.091	1560	272.915	1287.085	1495.658	95.876
1465	952.250	512.755	1240.216	84.676	1565	234.75	1330 25	1509.632	96.463
1470	918.825	551.175	1253.402	85.264	1570	196.325	1373.675	1523.706	97.050
1475	885.	590.000	1266.391	85.857	1575	157.5	1417.5	1537.873	97.[illegible]63
1480	850.915	629.085	1279.431	86.449	1580	118.415	1461.883	1552.077	98.232
1485	816.75	668.25	1292.447	87.032	1585	79.25	1505.75	1566.319	98.822
1590	782.325	207.675	1305.569	87.622	1590	39.825	1550.175	1580.609	99.409
1495	747.5	747.5	1328.862	88.217	1595	0	1595	1595	100.000
1500	712.415	787.585	1332.055	88.804	1600				

(25) *Le sucre interverti en se dissolvant dans l'eau présente une contraction notable dont voici la grandeur :*

VOLUME A 0°		CONTRACTION	DENSITÉ A 0° du sucre.	DENSITÉ A 0° du sucre interti.
0.	1.00000	0.00000	1.0000	1.0000
5.	99863	0.00137	1.0203	1.0206
10.	99744	0.00256	1.0413	1.0418
15.	99639	0.00361	1.0630	1.0631
20.	9954»	0.00454	1.0854	1.0856
25.	99462	0.00538	1.1086	1.1086

(26) *Table de Correction des*

D'après **F.**

DENSITÉS

TEMPÉRATURES EN DEGRÉS CENTIGRADES	5°	5°1	5°2	5°3	5°4	5°5	5°6	5°7
1°	4°725	4°825	4°925	5°035	5°125	5°225	5°325	5°45
2.	4.725	4.85	4.95	5.05	5.150	5.250	5.350	5.45
3.	4.75	4.85	4.95	5.05	5.15	5.275	5.375	5.475
4.	4.75	4.875	4.975	5.075	5.175	5.275	5.375	5.475
5.	4.775	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5
6.	4.8	4.9	5.0	5.1	5.225	5.325	5.425	5.525
7.	4.8	4.925	5.025	5.125	5.225	5.325	5.425	5.525
8.	4.825	4.95	5.05	5.15	5.25	5.35	5.45	5.550
9.	4.85	4.975	5.075	5.175	5.275	5.375	5.475	5.575
10.	4.875	4.975	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6
11.	4.9	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.525	5.625
12.	4.925	5.025	5.125	5.225	5.325	5.425	5.525	5.625
13.	4.950	5.05	5.15	5.25	5.35	5.45	5.55	5.65
14.	4.975	5.075	5.175	5.275	5.375	5.475	5.575	5.675
15.	**5°**	**5°1**	**5°2**	**5°3**	**5°4**	**5°5**	**5°6**	**5°7**
16.	5.0	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7
17.	5.025	5.125	5.225	5.325	5.425	5.525	5.625	5.725
18.	5.05	5.150	5.25	5.35	5.45	5.55	5.65	5.75
19.	5.075	5.15	5.275	5.35	5.475	5.575	5.675	5.775
20.	5.1	5.175	5.275	5.375	5.5	5.6	5.7	5.8
21.	5.1	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8
22.	5.125	5.225	5.325	5.425	5.525	5.625	5.725	5.825
23.	5.15	5.250	5.25	5.45	5.55	5.65	5.750	5.85
24.	5.175	5.275	5.375	5.475	5.575	5.675	5.775	5.875
25.	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.9
26	5.225	5.325	5.425	5.525	5.625	5.725	5.825	5.925
27	2.25	5.35	5.45	5.55	5.65	5.75	5.85	5.95
28.	5.275	5.375	5.475	5.575	5.675	5.775	5.875	5.975
29.	5.3	5.4	5.5	5.7	5.7	5.8	5.9	6.0
30.	5.3	5.4	5.5	5.6	5.7	5.8	5.925	6 025

Densités suivant les Températures

DUPONT.

DENSITÉS

5°8	5°9	6°	6°1	6°2	6°3	6°4	6°5	TEMPÉRATURES EN DEGRÉS CENTIGRADES
5°55	5°65	5°725	5°825	5°925	6°025	6°125	6.225	1°
5.55	5.65	5.75	5.85	5.95	6.05	6.15	6.25	2.
5.575	5.675	5.75	5.85	5.95	6.05	6.15	6.25	3.
5.575	5.675	5.775	5.875	5.975	6.075	6.175	6.275	4.
5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	5.
5.625	5.725	5.825	5.925	6.025	6.125	6.225	6.325	6.
5.625	5.725	5.825	5.950	6.05	6.15	6.25	6.35	7.
5.65	5.75	5.85	5.95	6.05	6.15	6.25	6.35	8.
5.675	5.775	5.875	5.975	6.075	6.175	6.275	6.375	9.
5.7	5.8	5.9	6.	6.1	6.2	6.3	6.4	10.
5.725	5.825	5.925	6.025	6.125	6.225	6.325	6.425	11.
5.725	5.825	5.925	6.05	6.15	6.25	6.35	6.45	12.
5.75	5.85	5.95	6.05	6.15	6.25	6.375	6.475	13.
5.775	5.875	5.975	6.075	6.175	6.275	6.375	6.475	14.
5°8	**5°9**	**6°**	**6°1**	**6°2**	**6°3**	**6°4**	**6°5**	**15.**
5.8	5.925	6.025	6.125	6.225	6.325	6.425	6.525	16.
5.825	5.925	6.025	6.15	6.25	6.35	6.45	6.550	17.
5.85	5.95	6.075	6.15	6.25	6.35	6.45	6.550	18.
5.875	5.975	6.05	6.175	6.275	6.375	6.475	6.575	19.
5.9	6.0	6.1	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	20.
5.9	6.025	6.125	6.225	6.325	6.425	6.525	6.625	21.
5.925	6.025	6.15	6.25	6.35	6.45	6.55	6.650	22.
5.95	6.05	6.175	6.275	6.375	6.475	6.575	6.675	23.
5.975	6.075	6.2	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	24.
6.0	6.1	6.225	6.325	6.425	6.525	6.625	6.725	25.
6.025	6.125	6.25	6.35	6.45	6.55	6.65	6.750	26.
6.05	6.15	6.275	6.375	6.475	6.575	6.675	6.775	27.
6.075	6.175	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	28.
6.1	6.2	6.325	6.425	6.525	6.625	6.725	6.825	29.
6.125	6.225	6.35	6.45	6.55	6.65	6.75	6.850	30.

27) *Table de Correction des*

D'après F.

DENSITÉS

TEMPÉRATURES EN DEGRÉS CENTIGRADES

	6°6	6°7	6°8	6°9	7°	7°1	7°2
1°	6°325	6.425	6°525	6.625	6°725	6°825	6°925
2.	6.35	6.450	6.55	6.65	6.75	6.85	6.95
3.	6.35	6.450	6.55	6.65	6.75	6.85	6.95
4.	6.375	6.475	6.575	6.675	6.775	6.875	6.975
5.	6.4	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.
6.	6.425	6.525	6.625	6.725	6.825	6.925	7.025
7.	6.45	6.55	6.65	6.75	6.85	6.95	7.05
8.	6.45	6.575	6.675	6.75	6.85	6.95	7.05
9.	6.475	6.575	6.675	6.775	6.875	6.975	7.075
10.	6.5	6.6	6.7	6.8	6.9	7.	7.1
11.	6.525	6.625	6.725	6.825	6.925	7.025	7.125
12.	6.55	6.65	6.75	6.85	6.95	7.05	7.15
13.	6.575	6.675	6.75	6.875	6.975	7.075	7.175
14.	6.575	6.675	6.775	6.875	6.975	7.075	7.175
15.	6°6	6°7	6°8	6°9	7°	7°1	7°2
16.	6.625	6.725	6.825	6.925	7.025	7.125	7.225
17.	6.65	6.750	6.850	6.950	7.050	7.150	7.250
18.	6.65	6.750	6.850	6.950	7.075	7.175	7.275
19.	6.675	6.775	6.875	6.975	7.1	7.2	7.3
20.	6.7	6.8	6.9	7.	7.125	7.225	7.325
21.	6.725	6.825	6.925	7.025	7.150	7.250	7.350
22.	6.75	6.850	6.950	7.050	7.175	7.275	7.375
23.	6.775	6.875	6.975	7.075	7.2	7.3	7.4
24.	6.8	6.9	7.	7.1	7.225	7.325	7.425
25.	6.825	6.925	7.025	7.125	7.250	7.350	7.450
26.	6.85	6.950	7.050	7.150	7.275	7.375	7.475
27.	6.875	6.975	7.075	7.175	7.3	7.4	7.5
28.	6.9	7.	7.1	7.2	7.325	7.450	7.525
29.	6.925	7.025	7.125	7.225	7.375	7.475	7.575
30.	6.95	5.050	7.150	7.250	7.4	7.5	7.6

Densités suivant les Températures

DUPONT.

DENSITÉS

7°3	7°4	7°5	7°6	7°7	7°8	7°9	8°	TEMPÉRATURES EN DEGRÉS CENTIGRADES
7°	7°1	7°2	7°3	7°4	7°475	7°575	7°675	1°
7.025	7.125	7.225	7.325	7.425	7.5	7.6	7.7	2.
7.05	7.15	7.250	7.35	7.45	7.525	7.625	7.725	3.
7.075	7.125	7.275	7.375	7.475	7.55	7.65	7.75	4.
7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.575	7.675	7.775	5.
7.125	7.225	7.325	7.425	7.525	7.6	7.7	7.8	6.
7.15	7.25	7.35	7.45	7.55	7.625	7.725	7.825	7.
7.175	7.275	7.375	7.475	7.575	7.65	7.75	7.85	8.
7.175	7.275	7.375	7.475	7.575	7.675	7.775	7.875	9.
7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	10.
7.225	7.325	7.425	7.525	7.625	7.725	7.825	7.925	11.
7.25	7.35	7.45	7.55	7.65	7.750	7.85	7.95	12.
7.275	7.375	7.475	7.575	7.675	7.775	7.875	7.975	13.
7.275	7.375	7.475	7.575	7.675	7.775	7.	8.	14.
7°3	7°4	7°5	7°6	7°7	7°8	7°9	8°	15.
7.325	7.425	7.525	7.625	7°725	7.825	7.925	8.025	16.
7.350	7.45	7.55	7.65	7.75	7.85	7.95	8.05	17.
7.375	7.475	7.575	7.675	7.775	7.875	7.975	8.075	18.
7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.	8.	19.
7.425	7.525	7.625	7.725	7.825	7.925	8.025	8.125	20.
7.45	7.545	7.65	7.75	7.85	7.95	8.05	8.150	21.
7.475	7.575	7.675	7.775	7.875	7.975	8.075	8.175	22.
7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.	8.1	8.2	23.
7.525	7.625	7.725	7.825	7.925	8.025	8.125	8.225	24.
7.550	7.65	7.75	7.85	7.95	8.050	8.15	8.25	25.
7.575	7.675	7.775	7.875	7.975	8.075	8.175	8.275	26.
7.6	7.7	7.8	7.9	8.	8.1	8.2	8.3	27.
7.625	7.750	7.85	7.950	8.05	8.15	8.25	8.350	28.
7.65	7.775	7.875	7.975	8.075	8.175	8.275	8.375	29.
7.7	7.8	7.9	8.	8.1	8.2	8.3	8.4	30.

(28) *Volumes de différentes solutions sucrées à diverses températures.*

Degrés de température	10 °/₀	20 °/₀	30 °/₀	40 °/₀	50 °/₀
à 0° Centigr.	10000	10000	10000	10000	10000
» 5 »	10004.5	10007	10009	10012	10016
» 10 »	10012	10016	10021	10026	10032
» 15 »	10021	10028	10034	10042	10050
» 20 »	10033	10041	10049	10058	10069
» 25 »	10048	10057	10066	10075	10088
» 30 »	10064	10074	10084	10094	10110
» 35 »	10082	10092	10103	10114	10132
» 40 »	10101	10112	10124	10136	10156
» 45 »	10122	10134	10146	10160	10180
» 50 »	10145	10156	10170	10184	10204
» 55 »	10170	10183	10196	10210	10229
» 60 »	10197	10209	10222	10235	10253
» 65 »	10225	10236	10249	10261	10278
» 70 »	10255	10265	10277	10287	10306
» 75 »	10284	10295	10306	10316	19332
» 80 »	10316	10325	10335	10345	10360
» 85 »	10347	10355	10365	10375	10388
» 90 »	10379	10387	10395	10405	10417
» 95 »	10411	10418	10425	10435	10445
» 100 »	10442	10450	10456	10465	10457

(29) *Tableau des proportions d'eau dans les solutions de sucre de différentes densités (à 15° centigrade).*

Sucre.	Eau.	Poids spécifique	Degrés Baumé	Volumes en litres	Sucre dans	
					100 litres	100 kilog
100	50	1.345	37	141.5	89.68	66.6
100	60	1.322	33.75	121	82.64	62.5
100	70	1.297	32	131	76.35	58.8
100	80	1.281	30.50	140.5	71.17	55.5
100	90	1.266	29	150	66.66	52.6
100	100	1.257	27.25	159	62.88	50
100	120	1.222	25	180	55.55	45.4
100	140	1.200	22.50	200	50	41.6
100	160	1.187	21	219	45.66	38.4
100	180	1.176	19.50	238	42	35.7
100	200	1.170	18.50	256.25	39	33.3
100	250	1.147	16	305	32.7	28.5
100	350	1.111	12.50	405	24.6	22.2
100	450	1.089	10.15	505	19.8	18.1
100	550	1.074	8.50	605	16.5	15.3
100	650	1.063	7.50	705	14.18	13.3
100	750	1.055	6.50	805	12.42	17.7
100	945	1.045	5	1000	10	9.5
100	1145	1.030	3.50	1500	6.66	6.4
100	1945	1.022	2.50	2000	5	4.8
100	2445	1.018	2	2500	4	3.3
100	2945	1.015	1.75	3000	3.33	3.2

(30) *Table de correction pour les températures, applicable aux aréomètres Brix, gradués à la température normale de* 14° *réaumur ou* 17° 5 *centigr.* (*Gerlach*).

Température Celsius	Degrés Balling de la solution													
	0 0/0	5 0/0	10 0/0	15 0/0	20 0/0	25 0/0	30 0/0	35 0/0	40 0/0	45 0/0	50 0/0	60 0/0	70 0/0	80 0/0
	Degrés à déduire													
0°	0.27	0.30	0.41	0.52	0.62	0.72	0.82	0.90	0.98	1.05	1.11	1.21	1.25	1.29
5°	0.23	0.30	0.37	0.44	0.52	0.59	0.65	0.72	0.75	0.78	0.81	0.88	0.91	0.94
10°	0.20	0.26	0.29	0.33	0.36	0.39	0.42	0.45	0.48	0.49	0.50	0.54	0.58	0.61
11°	0.18	0.23	0.26	0.28	0.31	0.34	0.36	0.39	0.41	0.42	0.43	0.47	0.50	0.53
12°	0.16	0.20	0.22	0.24	0.26	0.29	0.31	0.33	0.34	0.35	0.36	0.40	0.42	0.46
13°	0.14	0.18	0.19	0.21	0.22	0.24	0.26	0.27	0.28	0.28	0.29	0.33	0.35	0.39
14°	0.12	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.21	0.22	0.22	0.23	0.23	0.26	0.28	0.32
15°	0.09	0.11	0.12	0.14	0.14	0.15	0.16	0.16	0.16	0.17	0.17	0.19	0.21	0.25
16°	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.12	0.12	0.14	0.16	0.18
17°	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.06
	Degrés a ajouter													
18°	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.08	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02
19°	0.06	0.08	0.08	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.08	0.06
20°	0.11	0.14	0.15	0.17	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19	0.19	0.19	0.18	0.15	0.11
21°	0.16	0.20	0.22	0.24	0.24	0.25	0.25	0.25	0.26	0.26	0.26	0.25	0.22	0.18
22°	0.21	0.26	0.29	0.31	0.31	0.32	0.32	0.32	0.33	0.33	0.34	0.32	0.29	0.25
23°	0.27	0.32	0.35	0.37	0.38	0.39	0.39	0.39	0.40	0.41	0.42	0.39	0.36	0.3
24°	0.32	0.38	0.41	0.43	0.44	0.46	0.46	0.47	0.47	0.48	0.49	0.46	0.43	0.40
25°	0.37	0.44	0.47	0.49	0.51	0.53	0.54	0.55	0.55	0.56	0.57	0.54	0.51	0.48
26°	0.43	0.50	0.54	0.56	0.58	0.60	0.61	0.62	0.62	0.63	0.65	0.62	0.58	0.55
27°	0.49	0.57	0.61	0.63	0.65	0.68	0.68	0.69	0.70	0.72	0.74	0.70	0.65	0.62
28°	0.56	0.64	0.68	0.70	0.72	0.75	0.76	0.78	0.78	0.80	0.82	0.78	0.72	0.70
29°	0.63	0.71	0.75	0.78	0.79	0.84	0.84	0.86	0.86	0.88	0.90	0.86	0.80	0.78
30°	0.70	0.78	0.82	0.87	0.88	0.91	0.92	0.94	0.94	0.96	0.98	0.94	0.88	0.86
35°	1.10	1.17	1.22	1.24	1.30	1.32	1.33	1.35	1.36	1.37	1.39	1.34	1.27	1.25
40°	1.50	1.61	1.67	1.71	1.73	1.79	1.79	1.80	1.82	1.82	1.83	1.78	1.69	1.65
50°	—	2.65	2.71	2.74	2.78	2.80	2.80	2.80	2.80	2.79	2.79	2.70	2.56	2.51
60°	—	3.87	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.88	3.90	3.86	3.82	3.70	3.43	3.41
70°	—	5.17	5.18	5.20	5.14	5.13	5.10	5.08	5.06	5.00	4.90	4.72	4.47	4.35
80°	—	—	6.62	6.59	6.55	6.46	6.38	6.20	6.26	6.16	6.06	5.82	5.50	5.33
90°	—	—	8.26	8.16	8.06	7.97	7.83	7.71	7.58	7.45	7.30	6.96	6.58	6.37
100°	—	—	10.01	9.87	9.72	9.56	9.39	9.21	9.03	8.84	8.64	8.22	7.76	7.42

***Point d'ébullition de différentes matières sucrées** (d'après **Gerlach**).*

Solution de	10	p. 0/0 de sucre	bout à	100/4° C.
—	20	—	—	100/6° »
—	30	—	—	101/0° »
—	40	—	—	101/5° »
—	50	—	—	102/0° »
—	60	—	—	103/0° »
—	70	—	—	106/5° »
—	79	—	—	112/0° »
—	90,8	—	—	130/0° »

(31) *Richesse en Sucre et en Eau des sirops et masses cuites aux*
(selon M

Densité	Degrés Baumé	100 LITRES DE SIROP			
		Contiennent		Cuits à la densité de	
		Sucre	Eau	Conservent Eau	Perdent Eau
		kilos.	kilos.	kilos.	kilos.
101	1.40	29.11	980.892	3.458	977.434
102	2.80	55.87	964.125	6.876	957.249
103	4.20	82.64	947.358	9.819	937.539
104	5.55	109.41	930.288	12.999	917.591
105	6.80	136.17	913.823	16.179	897.644
106	8.15	162.94	897.055	19.360	877.695
107	9.40	189.712	880.288	22.540	857.748
108	10.70	216.479	863.521	25.719	837.802
109	11.90	243.247	846.753	28.900	817.853
110	13.00	270.014	829.986	32.080	797.906
111	14.30	296.781	813.219	35.261	777.956
112	15.40	323.549	796.451	38.441	758.010
113	16.70	350.316	779.684	41.621	738.063
114	17.70	377.084	762.916	44.801	718.115
115	18.80	403.851	746.149	47.982	698.167
116	19.80	430.618	729.382	51.162	678.220
117	20.90	458.386	712.614	54.342	658.272
118	22.00	484.153	695.847	57.522	638.325
119	23.00	510.921	679.079	60.703	618.376
120	24.00	537.688	662.312	63.883	598.429
121	25.00	564.455	645.545	67.063	578.482
122	26.00	591.223	628.777	70.243	558.534
123	27.00	617.990	612.010	73.424	538.586
124	27.90	644.758	595.242	76.604	518.638
125	28.80	671.525	578.475	79.784	498.691
126	29.70	698.292	561.708	82.964	478.744
127	30.70	725.060	544.940	86.145	458.795
128	31.50	751.827	528.173	89.325	438.848
129	32.40	778.595	511.405	92.505	418.900
130	33.20	805.362	494.638	95.686	398.952
131	34.10	832.129	477.871	98.866	379.005
132	35.00	858.897	461.103	102.046	359.057
133	35.90	885.664	444.336	105.226	339.110
134	36.50	912.432	427.568	108.406	319.162
135	37.30	939.199	410.801	111.586	299.215
136	38.10	965.966	394.034	114.767	279.267
137	38.90	992.734	377.266	147.947	259.319
138	39.60	1019.501	360.499	121.127	239.372
139	40.40	1046.269	343.731	124.307	219.424
140	41.10	1073.036	326.964	127.488	199.476
141	41.90	1099.803	310.197	120.368	179.829
142	42.60	1126.571	293.429	133.848	159.581
143	43.30	1153.338	276.662	137.028	139.634
144	44.00	1180.006	259.874	140.209	119.685
145	44.70	1206.873	243.127	143.389	99.738
146	45.40	1233.640	226.360	146.569	79.791
147	46.00	1260.408	209.592	149.749	59.843
148	46.70	1287.175	192.826	152.930	39.895
149	47.40	1318.943	176.057	156.110	19.947
150	48.00	1340.710	159.290		

différentes densités. Pertes en Eau et réduction des volumes Maumené).

150 ou à 48° Baumé Sont réduits aux		1.000 kilogrammes de sirop contiennent		1.000 kilogrammes de sirop à 1.000 de densité cuits à la densité cherchée	
Poids	Volumes	Sucre	Eau	sont réduits à	Perdent Eau
kilos	litres.	kilos.	kilos.	kilos.	kilos.
32.506	21.111	28.820	971.180		
62.751	41.831	54.779	945.221	508.922	491.078
92.461	61.641	80.235	919.765	359.192	640.808
122.409	81.606	104.202	894.798	273.948	726.052
152.356	101.574	129.692	878.308	222.217	777.783
182.306	121.537	153.722	846.278	187.481	812.519
212.252	141.501	177.301	822.699	143.780	856.220
212.108	161.465	20[illegible].444	799.556	129.143	870.857
272.147	181.431	222.162	776.838	117.449	882.551
302.094	201.396	245.467	754.533	107.790	892.210
372.042	221.361	267.370	732.630	99.763	900.237
361.990	241.327	283.883	741.117	92.963	907.037
391.937	261.294	310.014	689.986	87.128	912.872
421.885	231.257	320.776	679.924	82.067	917.933
451.833	301.222	351.175	648.824	77.635	922.365
481.780	321.187	371.222	628.778	73.722	926.278
511.728	341.152	390.928	609.072	70.211	929.759
541.675	361.117	410.299	589.701	67.125	932.875
531.624	381.083	421.018	578.982	64.320	935.680
601.571	401.047	448.073	55 .027	61.780	938.220
631.518	421.012	466.492	533.508	59.470	940.530
661.466	440.977	484.609	515.391	57.361	942.639
691.414	460.943	502.431	498.669	55.426	944.574
721.362	480.908	519.966	480.034	53.646	946.354
751.309	500.873	537.220	462.780	52.003	947.997
781.256	520.887	554.200	415.800	50.480	949.520
811.204	540.803	570.912	429.087	49.066	950.931
841.152	560.168	587.365	412.635	47.750	952.250
871.100	580.733	603.562	396.438	46.521	943.479
901.048	600.699	619.510.	380.490	45.370	954.630
930.994	620.663	635.213	364.787	44.045	955.955
960.943	640.629	650.680	349.320	43.279	956.721
990.890	660.593	665.909	334.091	42.325	957.675
1020.834	680.559	680.920	319.080	41.426	958.574
1050.785	700.523	695.703	304.297	40.576	959.424
1080.733	720.489	710.269	289.721	39.770	960.230
1110.681	740.454	724.623	275.377	39.011	960.989
1140.628	760.419	738.769	261.231	38.288	961.712
1170.576	780.384	753.071	216.929	37.602	962.398
1200.524	800.349	766.451	223.546	36.949	963.051
1230.170	820.041	780.002	219.998	36.327	963.673
1260.419	840.279	793.360	206.640	35.733	964.267
1296.366	860.244	806.530	193.470	35.167	964.833
1320.315	880.210	819.518	180.482	34.626	965.374
1350.262	900.175	832.326	167.674	34.108	965.892
1380.209	920.139	844.959	155.041	33.612	966.388
1410.157	940.105	857.420	142.580	33.127	966.863
144 .105	960.070	869.713	130.287	32.682	967.318
14 .053	980.035	881.837	118.161	32.288	967.756
		893.809	106.193		

(**32** a) ***Volume et densité de l'eau distillée de* 0° 50° (Rossetti).**

***dt* = densité à *t*, *d*° = 1. D*t* = densité, à *t*°, D ^{4,07} = 1.**

***vt* = volume à *t*, *v*° = 1. V*t* = volume à *t*°, V ^{4,07} = 1.**

t	*dt*	*vt*	D*t*	V*t*
0	1,0000000	1,0000000	0,9998660	1,0001340
1	1,0000331	0,9999669	0,9998990	1.0001010
2	1,0001010	0,9998990	0,9999669	1,0005334
3	1,0001258	0,9998742	0,9999917	1 0000083
4	1,0001338	0,9998662	0,9996998	1,0000002
5	0,0001280	0,9998720	0,9999939	1,0000061
9	0,99906	1,00004	0,99982	1,00018
10	0,99988	1,00012	0,99975	1,00025
15	0,99922	1,00071	0,99916	1,00084
20	0,99839	1,00161	0,99826	1.00175
30	0,99588	1,70413	0,99575	1,00428
50	0,98[illegible]13	1,01181	0,98835	1,01194

(**33** b) ***Volume de l'eau distillée aux différentes températures.***

V = 1 pour *t* = 4°.

(Tableau comparatif des volumes obtenus par les divers expérimentateurs.)

Température.	Kopp 1847	1839 Despretz	Is. Pierre 1845-1852	Rossetti 1838	Valeurs moyennes
— 4	»	1,000562	1,000557	1,000516	1,000546
— 2	»	1,000308	1,000217	1.000296	1,000308
0	1,000123	1.000137	1.000119	1,000136	1,000130
4	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
10	1,000247	1,000268	1,000267	1,000246	1,000260
14	1,000679	1,000715	1,000707	1,000691	1,000706
20	1,001690	1,001790	1,001713	1,001742	1,001746
32	1,004816	1,004940	1,004804	1,004889	1,004874
40	1,007632	1,507730	1,007632	1,007738	1.007695
50	1,011891	1,012050	1,011936	1,011907	1,011941
60	1,016 15	1,016980	1,017232	1,016861	1,016919
70	1,022372	1,022550	1,023059	1,022529	1,022555
80	1,028708	1,028850	1,029483	1,028836	1,028869
90	1,035525	1,035660	1,036413	1,035662	1.035675
100	1,043125	1,043150	1,043773	1,043116	1,043130
Température du maximum	4°,08	4°,00	3°,86	4°,04	4°,00

(34) *Densités de quelques minéraux*

Albite	2,6	Strontianite	3,6
Amphibole	2,9 — 3,4	Witherite	4,3
Andalousite	3,1		
Anthra ·ite	1,4	Ambre	1,1
Apatite	3,3	Corlndon,	4
ı arytine	4,5	Crstal de roche	2,6
Bitume	0,8 — 1,2	Diamant	3,5
Calamine	3,4	Émeraude	2,7
Cassitérite	6,9	Spinelle	3,6
Célestine	3,9	Topaze	3,6
Chacolpyrite	4,2	Tourmaline	3,1
Dolomie	2,9		
Epidote	3,2 — 3,5	Albâtre calcaire	2,7
Fluorine	1,3	Anhydrite	2,9
Grenat	3,5 — 4,3	Ardoise	2,8
Houille	1,3	Basalte	2,8
Idocrose	3,4	Calcaire grossier	1,9 — 2,5
Lignite	1,2	Granite	2,8
Mica	2,7 — 3,1	Grès des Vosges	2,2
Orthose	2,4 — 2,6	Marbres	2,2
Pyrite	5	Pierre ponce	2,2 — 2,5
Pyroxène	3,1 — 3,5	Porphyre	2,6 — 2,9
Rutile	1,3	Serpentiae	2,6

(35) *Table des densités de quelques liquides, l'eau distillée étant* 1.

Acide acétique	= 1.217	Éther sulfurique	= 0.715
Acide chlorhydrique.0..	= 1.240	Huile de Napte	= 0.847
Acide sulfurique	= 1.841	Huile d'olive	= 0.815
Alcool absolu	= 0.792	Lait	= 1.06
Brome	= 2.966	Mercure	= 13.598
Eau de mer	= 1.026	Sulfure de carbone	= 1.298
Essence de térébenthine.	= 0.870	Vin de Bordeaux	= 0.995
Esprit de bois	= 0.821	Vin de Bourgogne	= 0.921

(36) *Densité, poids du litre et solubilité de quelques gaz.*

GAZ	DENSITÉ prise par rapport à air = 1 d.	DENSITÉ prise par rapport à H = 1 $d \times \frac{28.943}{2}$	POIDS moléculaire.	POIDS d'un litre à 0° et à 0m76 de pression. gr.	Coefficient de solubilité dans l'eau à 15° c.
Vapeur d'eau	0.623	9.016	18.5	0.806	
Acide chlorhydrique	1.204	18.295	36.0	1.635	456.8
— sulfurique	1.171	16.950	34	1.523	3.2326
Air atmosphérique	1.00	$\frac{28.943}{2}$		1.293	0.0179
Ammoniaque	0.597	8.625	17.0	0.761	727.2
Anhydride carbonique	1.529	22.125	44.0	1.977	1.002
— sulfureux	2.76	39.985	80.0	2.87	47.276
Azote	0.97	14.040	28.0	1.250	0.0148
Chlore	2.47	35.745	71.0	3.165	2.38
Ethylène	0.971	14.055	28.0	1.251	0.1615
Hydrogène	0.069	1.000	2.0	0.089	0.0193
Méthane	0.558	8.075	16.0	0.716	0.0390
Oxyde azotique	1.039	15.035	30.0	1.343	0.2748
Oyyde de carbone	0.968	14.005	28.0	1.254	0.0243
Oxygène	1.106	16.005	32.0	1.430	0.0299
Protoxyde d'azote	1.527	22.095	44.0	1.971	0.7778
Bioxyde d'azote	2.039	15.036	30.0	1.343	

N. B. 11.163 litres d'hydrogène à O°C et à une pression de 0m76, pèsent juste 1 gramme.

Formules relatives à la densité et à la concentration des liquides.

Le volume, le poids et la densité d'une solution sucrée sont liés par la relation suivante :

$$P = VD.$$

1. Formule pour connaître la densité D d'un liquide formé de deux liquides de densités différentes.

$$D = \frac{V\,d + V'\,d'}{V + V'}$$

2. Formule donnant la quantité d'eau x à ajouter à 1 litre de jus de densité D pour la ramener à la densité d.

$$x = \frac{D - d'}{d - p}; \; p = \text{la densité de l'eau.}$$

3. Formule donnant la quantité v d'eau à retirer de 1 litre de jus de densité D pour le concentrer à la densité d.

$$v = \frac{D - d}{d - p}; \; p = \text{densité de l'eau.}$$

ou un volume V quelconque de jus :

$$v = \frac{V(D - d)}{d - 1}$$

4. Formule pour évaluer le poids E d'eau qu'il faut évaporer pour amener à B° Brix-Dupont un poids P de jus marquant b° Brix-Dupont.

$$E = \frac{P(B - b)}{B}, \text{ ou } E = P\left(1 - \frac{B}{b}\right)$$

4 *bis*. Formule pour évaluer le poids E d'eau qu'il faut ajouter à 100 k. de liquide sucré à B dégré Brix-Dupont pour l'amener à b Brix-Dupont.

$$E = \frac{B - 100}{b} - 100$$

5. Formule pour connaître le poids E d'eau à ajouter à 100 k. de mélasse de densité d pour la ramener à la densité d'

$$E = \frac{d - d'}{d' - p}; \; p = \text{Densité de l'eau.}$$

6. 100 k. de mélasse de densité d ramenée à la densité d' donnent un poids

$$P = 100 + \frac{(d - d')}{d' - p}$$

7. Formule pour connaître la quantité théorique d'eau qu'il faut ajouter à 100 k. de betteraves, dont le jus a une densité D pour la ramener à la densité d.

$$x = q + \frac{(D - d)}{d - p}; \; q = \text{le nombre de litres de jus que la bette-}$$

rave est censée contenir; p = densité de l'eau.

8. Formule donnant le poids P d'un jus concentré à B° Brix, connaissant le poids p du même jus à b° Brix.

$$P = \frac{pb}{B}$$

d'où l'on tire la formule pour trouver $p = \frac{PB}{b}$

9. Formule pour connaître le volume V d'un jus concentré à B° Brix sachant que ce jus pèse un poids p kilogr. à b° Brix.

Avec D = Densité correspondant à B° Brix on a : $V = \frac{BD}{pb}$

10. Formule pour connaître le volume V avant concentration d'un jus pesant P kilogr. à B° Brix, sachant qu'avant d'être concentré il pesait b° Brix.

$V = \frac{PB}{bd}$; d est la densité correspondant à b° Brix.

11. Formule pour connaître le volume x d'une solution sucrée renfermant b p. 100 de sucre qu'il faut ajouter à une autre solution sucrée, plus diluée, renfermant b' p. 100 de sucre, pour obtenir un volume V de liquide renfermant B. p. 100 de sucre.

$$x = \frac{VB - Vb'}{b - b'}$$

12. Formule pour connaître le poids x d'un sirop marquant b Brix qu'il faut ajouter à un poids P de liquide sucré marquant b' Brix pour produire un mélange de B° Brix,

$$x = \frac{P(B - b')}{b - B}$$

Formules pour le mélange des sucres :

1° Cas de 2 sucres. On a 2 sucres de titrage t et t'; il s'agit d'obtenir un titrage T supérieur à t' et inférieur à t. Combien de sacs n de t et n' de t' faut-il mélanger ensemble pour avoir 100 sacs à T?

Nous avons $n + n' = 100$

et $nt + n't' = 100\ T.$

d'où $$n = \frac{100\,(T - t')}{t - t'} \quad (1)$$

et $$n' = 100 - n. \quad (2)$$

Soit $t = 95$, $t' = 87$ et $T = 90$.

nous avons $n = \frac{100\,(90 - 87)}{95 - 87} = 37.50$

$n' = 100 - 37.50 = 62.50$

Total... 100 sacs.

2° Cas de 3 sucres, n. n'. n''. correspondant aux tritages t. t' t''. Titre à obtenir T plus grand que t'' et plus petit que t.

Nous avons : $n + n' + n'' = 100$ et $nt + n'\,t' + n''\,t'' = 100\ T$

Le problème étant indéterminé on se fixe au hasard, un nombre de sacs pour n'' par exemple, et on calcule n et n'.

Il faut que la valeur n'' soit plus petite que $100 \frac{t-T}{t-t''}$

Nous avons donc :

$$n = 100 \frac{T - t'}{t - t'} + n'' \frac{t - t''}{t - t'} \qquad (3)$$

$$n' = 100 - (n + n'') \qquad (4)$$

3° Cas d'un nombre quelconque de sucres :

On les ramène au cas des trois sucres, en formant avec les sucres n'', n''', n'''', etc., un lot unique d'un titrage et d'un nombre de sacs déterminés. On applique alors les formules 3 et 4.

---

(37) *Richesse du lait de chaux (CaO) à + 15° c.*

(d'après Blatner).

Degrés Baumè.	Poids de 1 litre de lait de chaux.	CaO dans 1 litre.	CaO Taux pour cent.	Degrés Baumè.	Poids de 1 litre de lait de chaux	CaO dans 1 litre.	CaO Taux pour cent.
1	1007	7.50	0.745	16	1125	159	14.13
2	1014	16.50	1.64	17	1134	170	15.00
3	1022	26	2.54	18	1142	181	15.85
4	1029	36	3.50	19	1152	193	16.75
5	1037	46	4.43	20	1162	206	17.72
6	1045	56	5.36	21	1171	218	18.61
7	1052	65	6.18	22	1180	229	19.40
8	1060	75	7.08	23	1190	242	20.34
9	1067	84	7.87	24	1200	255	21.25
10	1075	94	8.74	25	1210	268	22.15
11	1083	104	9.60	26	1220	281	23.03
12	1091	115	10.54	27	1231	295	23.96
13	1100	126	11.45	28	1241	309	24.90
14	1108	137	12.35	29	1252	324	25.87
15	1116	143	13.26	20	1263	339	26.94

(38) *Densités à + 15° des solutions de potasse caustique donnant leur richesse en hydrate de potassium.*

(Schiff, d'après Dalton et Tünnermann).

Densités.	KHO °/o (KO.HO)	Densités.	KHO °/o (KO.HO)	Densités.	KHO °/o (KO.HO)
1.036	5	1.288	30	1.604	55
1.071	10	1.349	35	1.667	60
1.124	15	1.411	40	1.729	65
1.175	20	1.475	45	1.790	70
1.230	25	1.539	50		

(39). *Densités à + 15° des solutions de soude caustique donnant leur richesse en oxyde de sodium* (Tünnermann).

Densités.	Na^2O °/o. (NaO)	Densités.	Na^2O °/o. (NaO)	Densités.	Na^2O °/o. (NaO)
[1.72	53.8]	1.3349	23.572	1.1841	12.088
		1.3273	22.967	1.1734	11.484
[1.63	46.6]	1.3198	22.363	1.1630	10.879
		1.3143	21.894	1.1581	10.275
[1.50	36.6]	1.3125	21.758	1.1428	9.570
		1.3053	21.154	1.1330	9.066
[1.44	31.0]	1.2982	20.550	1.1233	8.462
(Dalton).		1.2912	19.945	1.1137	7.857
		1.2843	19.341	1.1042	7.253
1.4285	30.220	1.2775	18.730	1.0948	6.618
1.4213	29.616	1.2708	18.132	1.0855	6.044
1.4101	27.011	1.2642	17.728	1.0675	4.835
1.4011	28.407	1.2578	16.923	1.0587	4.231
1.3923	27.802	1.2515	16.319	1.0500	3.626
1.3836	27.200	1.2453	15.714	1.0414	3.622
1.3751	26.594	1.2392	15.110	1.0330	2.418
1.3668	25.939	1.2280	14.506	1.0246	1.813
1.3586	25.385	1.2178	13.901	1.0163	1.200
1.3505	24.780	1.2058	13.297	1.0081	0.604
1.3426	24.176	1.1948	12.692	1.0040	0.302

(39a) *Densités à + 15° des solutions de soude caustique donnant leur richesse en hydrate de sodium* (SCHIFF d'après DALTON et TÜNNERMANN).

Densités.	NaHO °/₀ (NaOHO)	Densités.	NaHO °/₀ (NaOHO)	Densités.	NaHO °/₀ (NaOHO)
1.059	5	1.332	30	1.591	55
1.115	10	1.384	35	1.643	60
1.170	15	1.437	40	1.695	65
1.225	20	1.488	45	1.748	70
1.279	25	1.540	50		

(40) *Densités à* + 15° *des solutions d'acide azotique donnant leur richesse en acide* ($AzHO^3$) *ou en anhydrique azotique* (Az^2O^3) °/₀.

Densités	Degrés de l'aréomètre Baumé	Composition.	Eeau °/₀.	Acide réel °/₀ ($AzHO^3$)	Anhydride azotique °/₀ (Az^2O^3).	Point d'ébullition.
1.522	49.3	Az HO^3	»	100.00	85.8	86°
1.486	46.5	+ 1/2 H^2O	11.25	88.75	75.1	99
1.452	45.	H^2O	22.22	77.78	66.7	115
1.420	42.6	3/2 H^2O	30.00	70.00	60.1	123
1.390	40.40	2 H^2O	36.36	63.64	54.5	119
1.361	38.20	5/2 H^2O	41.67	58.33	50.1	117
1.338	36.5	3 H^2O	46.16	53.84	46.2	
1.315	31.5	7/2 H^2O	50.00	50.00	42.9	113
1.297	33.2	4 H^2O	53.33	46.67	40.1	
1.277	31.4	9/2 H^2O	56.25	43.75	37.6	
1.260	29.7	5 H^2O	58.82	41.18	35.4	
1.245	28.4	11/2 H^2O	61.11	38.89	33.4	
1.232	27.2	6 H^2O	63.16	36.84	31.6	
1.219	25.8	13/2 H^2O	65.00	35.00	30.1	
1.207	24.7	7 H^2O	66.67	33.33	28.6	108
1.197	23.8	15/2 H^2O	68.18	31.82	27.3	
1.188	22.9	8 H^2O	69.56	30.44	26.1	
1.180	22.0	17/2 H^2O	70.83	29.17	25.0	
1.173	21.0	9 H^2O	72.00	28.00	24.0	
1.166	20.4	19/2 H^2O	73.08	26.92	23.1	
1.160	19.9	10 H^2O	74.07	25.93	22.2	
1.155	19.3	21/2 H^2O	75.00	25.00	21.4	environ 101°

(41) ***Densité des solutions de carbonate de soude à 23° C. D'après* SCHIFF.**

Densité.	Cristaux de soude °/o	Sel anhydre °/o	Densité.	Cristaux de soude °/o	Sel anhydre °/o
1.0038	1	0.370	1.1035	26	9.625
1.0076	2	0.747	1.1076	27	10.005
1.0114	3	1.112	1.1117	28	10.376
1.0153	4	1.482	1.1158	29	10.746
1.0192	5	1.853	1.1200	30	11.118
1.0231	6	2.223	1.1242	31	11.458
1.0270	7	2.594	1.1284	32	11.859
1.0309	8	2.965	1.1326	33	12.230
1.0348	9	3.335	1.1368	34	12.600
1.0388	10	3.706	1.1410	35	12.971
1.0428	11	4.076	1.1452	36	13.341
1.0468	12	4.447	1.1494	37	13.712
1.0508	13	4.817	1.1536	38	14.082
1.0548	14	5.188	1.1578	39	14.453
1.0588	15	5.558	1.1620	40	14.824
1.0628	16	5.929	1.1662	41	15.196
1.0668	17	6.299	1.1704	42	15.566
1.0708	18	6.670	1.1746	43	15.936
1.0748	19	7.041	1.1788	44	16.307
1.0789	20	7.412	1.1830	45	16.677
1.0830	21	7.782	1.1873	46	17.018
1.0871	22	8.153	1.1916	47	17.418
1.0912	23	8.523	1.1959	48	17.789
1.0953	24	8.894	1.2002	49	18.159
1.0994	25	9.264	1.2045	50	18.530

(42) *Richesse des solutions d'ammoniague à* + 14° C.

Densité.	AzH^3 °/o	Densité.	AzH^3 °/o	Densité.	AzH^3 °/o	Densité.	AzH^3 °/o
0.9959	1	0.9593	10	0.9283	19	0.9026	28
0.9915	2	0.9546	11	0.9251	20	0.9001	29
0.9873	3	0.9520	12	0.9221	21	0.8976	30
0.9831	4	0.9484	13	0.9191	22	0.8953	31
0.9790	5	0.9449	14	0.9162	23	0.8929	32
0.9749	6	0.9414	15	0.9133	24	0.8907	33
0.9709	7	0.9380	16	0.9106	25	0.8885	34
0.9670	8	0.9347	17	0.9078	26	0.8861	35
0.9634	9	0.9314	18	0.9052	27	0.8844	36

(43) *Densités des solutions aqueuses d'acide sulfurique à + 15*

(J. Kolb)

Degrés Baumé.	Densités.	100 parties en poids contiennent: SO^3 p. 100	H^2SO^4 p. 100 (SO^3HO)	Acide à 60° Baumé.	Acide à 53° Baumé.	1 litre contient en kilogr.: SO^3	H^2SO^4 (SO^3HO)	Acide à 53° Baumé.	Acide à 53° Baumé.
0	1,000	0,7	0,9	1,2	1,3	0,007	0,009	0,012	0,013
1	1,007	1,5	1,9	2,4	2,8	0,015	0,019	0,024	0,028
2	1,014	2,3	2,8	3,6	4,2	0,023	0,028	0,036	0,042
3	1,022	3,1	3,8	4,9	5,7	0,032	0,039	0,050	0,058
4	1,029	3,9	4,8	6,1	7,2	0,040	0,049	0,063	0,074
5	1,037	4,7	5,8	7,4	8,7	0,049	0,060	0,077	0,090
6	1,045	5,6	6,8	8,7	10,2	0,059	0,071	0,091	0,107
7	1,052	6,4	7.8	10,0	11,7	0 067	0,082	0,105	0,123
8	1,060	7,2	8,8	11,3	13,1	0,076	0,093	0,120	0,139
9	1,067	8,0	9,8	12,6	14,6	0,085	0,105	0,134	0,156
10	1,075	8,8	10,8	13,8	16,1	0,095	0,116	0,148	0,173
11	1,083	9,7	11,9	15,2	17,8	0,105	0,129	0,165	0,193
12	1,091	10,6	13,0	16,7	19,4	0,116	0,142	0,182	0,211
13	1,100	11,5	14,1	18,1	21,0	0.126	0,155	0,199	0,231
14	1,108	12,4	15,2	19,5	22,7	0,137	0,168	0.216	0,251
15	1,116	13,2	16,2	20,7	24,2	0,147	0,181	0,231	0,270
16	1,125	14,1	17,3	22,2	25,8	0,159	0,195	0,250	0.290
17	1,134	15,1	18,5	23,7	27,6	0,172	0,210	0,269	0,313
18	1,142	16,0	19,6	25,1	29,2	0,183	0,224	0,287	0,333
19	1,152	17,0	20,8	26,6	31,0	0,196	0,233	0,306	0,357
20	1,162	18,0	22,2	28,4	33,0	0,209	0,258	0,330	0,385
21	1,171	19,0	23,3	29,8	34,8	0,222	0,273	0,349	0,407
22	1,180	20,0	24,5	31,4	36,6	0,236	0,289	0,370	0,432
23	1,190	21,1	25,8	33,0	38,5	0,251	0,307	0,393	0.458
24	1,200	22,1	27,1	34,7	40,5	0,265	0,325	0,416	0,486
25	1,210	23,2	28,4	36,4	42,4	0,281	0,344	0,440	0,513
26	1,220	24,2	29,6	37,9	44,2	0,295	0,361	0,463	0,539
27	1,231	25,3	31,0	39,7	46,3	0,311	0,382	0,489	0,570
28	1,241	26,3	32,2	41,2	48,1	0,326	0,400	0,511	0,597
29	1,252	27,3	33.4	42,8	49,9	0,342	0,418	0,536	0,625
30	1,263	28,3	34,7	44,4	51,8	0,357	0,438	0,561	0,654
31	1,274	29,4	36,0	46,1	53,7	0,374	0,459	0,587	0,684
32	1,285	30,5	37,4	47,9	55,8	0,392	0,481	0,616	0,717
33	1,297	31,7	38,8	49,7	57,9	0,411	0,503	0,645	0,751

Degrés Baumé	Densités.	100 parties en poids contiennent				1 litre contient en kilogr.			
		SO^3 p. 100	H^2SO^4 p. 100. (SO^3HO)	Acide à 60° Baumé	Acide à 53° Baumé	SO^3	H^2SO^4 (SO^3HO)	Acide à 60° Baumé	Acide à 53° Baumé
34	1,308	32,8	40,2	51,1	60,0	0,429	0.526	0,674	0,785
35	1,320	32,8	41,6	53,3	62,1	0,447	0,549	0,704	0,820
36	1.332	35,1	43,0	55,1	64,2	0,468	0.573	0,734	0,856
37	1,315	36,2	44,4	56,9	66,3	0,487	0,597	0,765	0,892
38	1,357	37,2	45,5	58,3	67,9	0,505	0,617	0,792	0,921
39	1,370	38,3	46,9	60,0	70,0	0,525	0,642	0,821	0.959
40	1,383	39,5	48,3	61,9	72,1	0,546	0,668	0,856	0,997
41	1,397	40,7	49,8	63,8	74,3	0,569	0,695	0,891	1,038
42	1,410	41,8	51,2	65,6	76,4	0,589	0,722	0,925	1,077
43	1,424	42.9	52,8	67,4	78,5	0,611	0,749	0,960	1.108
44	1,438	44,1	54,0	69,1	80,6	0,634	0,777	0,994	1,159
45	1,453	45,2	55,4	70,9	82,7	0,657	0,805	1,030	1,202
46	1.468	46,4	56,9	72,9	84,9	0,681	0,885	1,070	1,246
47	1,483	47,6	58,3	74,7	87.0	0,706	0,864	1,108	1,290
48	1,498	48,7	59,6	76,3	89,0	0.730	0,893	1,143	1,330
49	1,511	49.8	61,0	78,1	91,0	0,754	0,923	1,182	1,378
50	1,530	51,0	62,5	80,0	93,3	0,780	0,955	1,224	1,427
51	1,540	52,2	64,0	82,0	95,5	0,807	0,990	1,268	1,477
52	1.563	53,5	65,5	83,9	97,8	0,836	1,024	1,311	1,529
53	1,580	54,9	67,0	85,8	100,0	0,867	1,059	1,355	1,580
54	1,597	56,0	68.0	87,8	102,4	0,891	1,095	1,402	1,636
55	1:615	57,1	70,0	89,6	104,5	0,922	1,131	1,447	1,688
56	1,634	58,4	71,6	91,7	106,9	0,954	1,170	1,499	1,747
57	1,652	59,7	73,2	93,7	109.2	0,986	1,210	1,548	1,804
58	1,672	61,0	74,7	95,7	111,5	1,019	1,248	1,599	1,863
59	1,691	62,4	76,4	97,8	114,0	1,055	1,292	1,651	1,925
60	1,711	63,8	78,1	100,0	116,6	1,092	1,336	1,711	1,998
61	1,732	65,2	79,9	102,3	119,2	1,129	1,384	1,772	2,065
62	1,753	66,7	81,7	104,6	121,9	1,169	1,432	1,838	2,137
63	1,774	68,7	84,1	107,7	125,5	1,219	1,492	1,911	2,226
64	1.796	70,6	86,5	110,8	129,1	1.268	1,554	1,990	2,319
65	1,819	73,2	89,7	114.8	138,8	1,332	1,632	2,088	2,430
66	1,842	81,6	100,0	128,0	149,3	1,523	1,842	2,358	2,754

(44) *Densité à + 15° des solutions d'acétate de plomb, donnant leur richesse en acétate* $(C^2H^3O^2)^2Pb + 3H^2O$ (GERLACH).
$(PbOC^4H^3O^3 + 3HO)$

Densités.	Sel °/o	Densités.	Sel °/o	Densités.	Sel °/o
1.0127	2	1.1384	20	1.2966	38
1.0255	4	1.1544	22	1.3163	40
1.0380	6	1.1704	24	1.3376	42
1.0520	8	1.1869	26	1.3588	44
1.0654	10	1.2040	28	1.3810	46
1.0796	12	1.2211	30	1.4041	48
1.0739	14	1.2395	32	1.4271	50
1.1084	16	1.2578	34		
1.1234	18	1.2718	36		

(45) *Densité à + 19° des solutions de sulfate de sodium donnant leur richesse en sulfate de sodium cristallisé* (H. SCHIFF).

Densités.	$SO^4Na^2 + 10H^2O$ °/o. $NaOSO^3 + 10HO$	Densités.	$SO^4Na^2 + 10H^2O$ °/o. $NaOSO^3 + 10HO$
1.0131	3.33	1.0533	13.24
1.0263	6.66	1.0806	20.01
1.0398	10.00	1.1222	30.01

(46) *Densité à + 15° des solutions d'acide chlorhydrique donnant leur richesse en gaz chlorhydrique* (URE).

Densités.	Degrés à l'aréomèt. Baumé.	HCl °/o	Densités.	Degrés à l'aréomèt. Baumé.	HCl °/o
1.2000	24-5	40.777	1.1875	23-22	37.923
1.1982	24	40.369	1.1859		37.516
			1.1846		37.108
			1.1822		36.700
			1.1822		36.292
1.1964	24-23	39.961	1.1782	22-21	35.881
1.1946		39.554	1.1762		35.476
1.1928		39.146	1.1741		35.068
1.1910		38.738	1.1721		34.660
1.1893		38.330	1.1701		34.252

Densités	Degrés à l'aréomèt. Baumé.	HCl. °/°
1,1681	21-20	33,845
1,1661		33,437
1,1641		33,029
1,1620		32,621
1,1599	20	32,213
1,1578	20-19	31,805
1,1557		31,398
1,1536		30,990
1,1515		30,582
1,1494	19-18	30,174
1,1473		29,767
1,1452		29,359
1,1431		28,951
1,1410	18-17	28,544
1,1389		28,136
1,1369		27,728
1,1349		27,321
1,1328		26,913
1,1308	17-16	26,505
1,1287		26,098
1,1267		25,690
1,1247		25,282
1,1226	16-15	24,874
1,1206		24,466
1,1185		24,058
1,1164		23,650
1,1143	15-14	23,242
1,1123		22,834
1,1102		22,425
1,1082		22,019
1,1061	14-13	21,611
1,1041		21,203
1,1020		20,796
1,1000		20,388
1,0980	13-12	19,980
1,0960		19,572
1,0939		19,165
1,0919		18,757
1,0899	12-11	18,349
1,0879		17,941
1,0859		17,534
1,0838		17,126

Densités	Degrés à l'aréomèt. Baumé	HCl °/°
1,0818	11-10	16,718
1,0798		16,310
1,0778		15,902
1,0758		15,494
1,0738	10-9	15,087
1,0718		14,679
1,0697		14,271
1,0677		13,363
1,0657	9-8	13,456
1,0637		13,049
1,0617		12,641
1,0597		12,233
1,0577	8-7	11,824
1,0557		11,418
1,0537		11,010
1,0547		10,602
1,0497	7-6	10,194
1,0477		9,768
1,0457		9,379
1,0437		8,974
1,0417	6-5	8,563
1,0397		8,455
1,0377		7,747
1,0357		7,340
1,0337	5-4	6,632
1,0348		6,524
1,0298		6,116
1,0279	4-3	5,709
1,0259		5,301
1,0239		4,893
1,0220		4,486
1,0200	3-2	4,078
1,0180		3,670
1,0160		3,262
1,0140		2,854
1,0120	2-1	2,447
1,0100		2,039
1,0080		1,634
1,0060	1-0	1,224
1,0040		0,815
1,0020		0,408

(47) *Densités à 19°,5 des solutions de chlorure de zinc donnant leur richesse en chlorure de zinc* (Kremers)

Densités	ZnCl °/° (ZnCl)	Densités	ZnCl °/° (ZnCl)	Densités	ZnCl °/° (ZnCl)
1,015	5	1,238	25	1,488	45
1,091	10	1,291	30	1,566	50
1,137	15	1,352	35	1,650	55
1,186	20	1,420	40	1,740	60

(48) *Tableau des degrés Baumé que doivent marquer les solutions salines bouillantes pour fournir de beaux cristaux par le refroidissement* (E. Finot et A. Bertrand). Le degré Baumé est pris en plongeant l'aéromètre dans la solution bouillante pendant l'évaporation.

Acétate d'ammonium...	14°
— de cuivre......	5°
— de manganèse..	2[illegible]°
— nikel...........	30°
— plomb	42°
— sodium	22°
— zinc.............	20°
Acide borique	6°
— oxalique..........	12°
— tartrique.........	35°
Alun d'ammonium.......	20°
— de potassium......	20°
Arséniate d'ammonium..	50°
— de potassium.	36°
— de sodium....	36°
Azotate d'ammonium (1).	28 à 30
— de barym........	18°
— bismuth..........	70°
— calcium..........	55°
— cobalt	50°
— cuivre ....1...	55°
— magnésium......	45°
— plomb	50°
— potassium	2[illegible]°
— sodium	40°
— strontium........	40°
— zinc..............	55°
Baryte hydratée.........	12°
Benzoate d'ammonium..	5°
— de calcium....	2°
Borax	24°
Bromure d'ammonium...	30°
— de cadmium ...	65°
— de potassium..	40°
— de sodium.....	55°
— de strontium...	5[illegible]°
Carbonate de sodium...	2[illegible]°
Chlorate de baryum.....	40°
— de potassium..	22°
— de sodium.....	43°
— de strontium...	65°
Chlorure d'ammonium...	12°
— de barynm.....	35°
— de calcium.....	40°
— de cobalt......	41°
— de cuivre......	45°
— d'étain (pro o).	75°
— ferreux	50°
— magnésium	35°
— manganèse	47°
— nickel..........	50°
— potassium	25°
— strontium......	31°
— zinc et ammon.	13°
Bichromate d'ammonium	28°
— de potassium..	38°
Chromate de sodium.....	45°
Citrate de potassium....	36°
— de sodium	36°
Cyanure de mercure.....	20°

(1) Solution ammoniacale.

(49) *Table pour l'analyse des betteraves (Polarimètre Laurent), par F. Sachs.*

Degrés du polarimètre	Sucre pour 100 gr. de jus	Sucre pour 100 gr. de betteraves	Degrés du polarimètre	Sucre pour 100 gr. de jus	Sucre pour 100 gr. de betteraves
55	9.29	8.83	88	14.51	13.78
56	9.45	8.98	89	14.67	13.93
57	9.61	9.13	90	14.82	14.08
58	9.77	9.29	91	14.98	14.23
59	9.93	9.43	92	15.13	14.37
60	10.08	9.56	93	15.29	14.53
61	10.24	9.73	94	15.45	14.68
62	10.40	9.88	95	15.60	14.82
63	10.56	10.03	96	15.75	14.96
64	10.72	10.18	97	15.91	15.11
65	10.87	10.32	98	16.06	15.26
66	11.03	10.48	99	16.21	15.40
67	11.19	10.63	100	16.36	15.54
68	11.35	10.78	101	16.51	15.68
69	11.51	10.93	102	16.66	15.83
70	11.66	11.08	103	16.81	15.97
71	11.82	11.23	104	16.96	16.11
72	11.98	11.38	105	17.12	16.29
73	12.14	11.53	106	17.27	16.41
74	12.30	11.68	107	17.42	16.55
75	12.45	11.83	108	17.57	16.69
76	12.61	11.98	109	17.72	16.83
77	12.77	12.13	110	17.87	16.98
78	12.93	12.28			
79	13.09	12.43	0.1	0.01	Même table.
80	13.24	12.58	0.2	0.03	
81	13.40	12.73	0.3	0.04	
82	13.56	12.88	0.4	0.06	
83	13.72	13.03	0.5	0.07	
84	13.88	13.19	0.6	0.09	
85	14.03	13.33	0.7	0.10	
86	14.19	13.48	0.8	0.12	
87	14.35	13.63	0.9	0.13	

Observations. — Cette table est calculée pour un poids normal de 16 gr. 20 en supposant des puretés moyennes (déduites de nos observations) augmentant avec la richesse de la betterave. La détermination de la densité est inutile. — Il faut ajouter 10 cm³ de sous-acétate de plomb à 100 cm³ de jus, dont nous avons déduit 1 cm³ pour le volume occupé par le dépôt plombique. On observe dans le tube de 200 mm. — Nous avons admis pour les betteraves un coefficient de 95, quoique ce chiffre soit trop élevé pour des betteraves riches. F. S.

(50) *Solubilité du sucre dans l'alcool* (FLOURENS).

Richesse du dissolvant en alcool.	à 0°		à 14°		à 40°
	Densités à 17°,5.	Sucre dans 100cc.	Densités à 17°,5.	Sucre dans 100cc.	Sucre dans 100cc.
		gr		gr	
0	1,3248	85,8	1,3258	87,5	105.2
10	1,2991	80,7	1,3000	81,5	95,2
20	1,2360	74,2	1,2662	74,5	90,0
30	1,2293	65,5	1,2327	67,9	82,2
40	1,1823	56,7	1,1818	58,0	74,9
50	1,1294	45,9	1,1305	47,1	63,4
60	1,0500	32,9	1,0582	33,9	49,9
70	0,9721	18,2	0,9746	18,8	31,4
80	0,8931	6,4	0,8953	6,6	13,3
90	0,8369	0,7	0,8376	0,9	2,3
97,4	0,8062	0,08	0,8082	0,36	0,5

(51) *Solubilité du sucre dans l'eau.*

Température Degrés centigrades	Sucre pour 100	Degré Baumé		Densité Gay-Lussac	
		à la températ. observée	à + 15°	Température observée	à + 15°
0°	64.70	35.30	34.60	132.35	131.50
5	65.00	35.35	34.90	132.43	131.90
10	65.50	35.45	35.20	132.55	132.25
15	66.00	35.50	35.50	132.60	132.60
20	66.50	35.60	35.75	132.75	132.90
25	67.20	35.80	36.25	133.00	133.55
30	68.00	36.00	36.70	133.25	134.05
35	68.80	36.20	37.10	133.50	134.60
40	69.75	36.40	37.50	133.75	135.10
45	70.80	36.75	38.10	134.10	135.90
50	71.80	37.10	38.70	134.60	136.60
55	72.80	37.50	39.30	135.10	137.40
60	74.00	37.90	39.90	135.60	138.20
65	75.00	38.30	40.55	136.15	139.10
70	76.10	38.60	41.10	136.50	139.80
75	77.20	39.00	41.70	137.00	140.60
80	78.35	39.30	42.20	137.40	141.30
85	79.50	39.65	42.80	137.90	142.20
90	80.60	39.95	43.30	138.20	142.90
95	81.60	40.10	43.70	138.50	143.40
100	82.50	40.30	44.10	138.75	144.00

Ainsi une solution de 10 p. cent entre en ébullition à 100.4°C.
20 — — 100.6°C.
30 — — 101.0°C.

(52) *Table de* BERTHELOT *et* PÉLIGOT
indiquant la solubilité de la chaux dans les solutions sucrées.

Sucre dans 100 p. eau.	Densité du sirop.	Densité après saturation par la chaux.	100 p. du résidu séché à 120° contiennent	
			Chaux.	Sucre.
40	1.1.2	1.179	21.0	79.0
35	1.110	1.166	20.5	79.5
30	1.096	1.148	20.1	79.9
25	1.082	1.128	19.8	80.2
20	1.068	1.104	18.8	81.2
15	1.052	1.080	18.5	81.5
10	1.036	1.053	18.1	81.9
5	1.018	1.026	15.3	84.7

(53) *Table de* PELLET *indiquant*
la solubilité de la baryte dans les solutions sucrées.

Sucre °/° cc.	Baryte °/° cc.	Baryte °/° de sucre.
2.5	4.59	18.3
5.»	5.46	10.9
7.5	6.56	8.7
10.0	7.96	7.7
12.5	9.41	7.5
15.0	10.00	6.6
20.0	10.90	5.4
25.0	12.90	5.1
30.0	14.68	4.9

(54) *Table de* SIDERSKY *indiquant*
la solubilité de la Strontiane dans les solutions sucrées.

Sucre °/°	Strontiane (Sr O) °/° de solution.				Sucre °/°	Strontiane (Sr O) °/° de solution.			
	à 3° C.	à 15° C.	à 24° C.	à 40° C.		à 3° C.	à 15° C.	à 24° C.	à 40° C.
1	0.45	0.65	0.70	1.68	11	1.30	1.57	2.01	3.75
2	0.53	0.75	0.83	1.89	12	1.38	1.66	2.14	3.96
3	0.62	0.84	0.96	2.09	13	1.47	1.75	2.28	4.16
4	0.70	0.93	1.09	2.30	14	1.55	1.84	2.41	4.37
5	0.79	1.03	1.22	2.51	15	1.64	1.94	2.55	4.58
6	0.87	1.12	1.35	2.72	16	1.72	2.03	2.69	4.79
7	0.96	1.21	1.48	2.92	17	1.81	2.12	2.83	4.99
8	1.04	1.30	1.61	3.13	18	1.90	2.21	2.97	5.20
9	1.13	1.39	1.74	3.33	19	1.99	2.30	3.11	5.41
10	1.21	1.48	1.87	3.55	20	2.08	2.39	3.25	5.61

(55) *Calcul de l'acide chlorhydrique* d'après Scheibler.

Degrés Baumé.	Poids spécifique.	Proportion d'acide chlorhydrique pur.	Quantité d'adide chlorhydrique nécessaire pour l'élimination de 1,2... jusqu'à 91 parties de carbonate de chaux.								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
24	1.200	40.677	1.7902	3.5805	5.3707	7.1609	8.9511	10.7414	12.5316	14.3218	16.1120
—	1.195	39.444	1.8414	3.6828	5.5241	7.3656	9.2069	11.0473	12.8897	14.7311	16.5725
23	1.190	38.498	1.8902	3.7924	5.6886	7.5848	9.4810	11.3772	13.2734	15.1696	17.0658
—	1.185	37.318	1.9516	3.9092	5.8638	7.8181	9.7729	11.7275	13.6821	15.6367	17.5913
22	1.180	36.251	2.0137	4.0275	6.0412	8.0550	10.0687	12.0824	14.0962	16.1099	18.1236
—	1.175	35.243	2.0713	4.1427	6.2140	8.2853	10.3567	12.4280	14.4993	16.5707	18.6426
21	1.170	34.232	2.1325	4.2650	6.3975	8.5300	10.6625	12.7950	14.9276	17.0601	19.1920
—	1.165	33.213	2.1979	4.3959	6.5938	8.7917	10.9897	13.1876	15.3855	17.5835	19.7814
20	1.160	32.232	2.2648	4.5297	6.7945	9.0593	11.3242	13.5890	15.8538	18.1186	20.3835
—	1.155	31.255	2.3356	4.6713	7.0069	9.3425	11.6781	14.0138	16.3494	18.6850	21.0206
19	1.150	30.291	2.4100	4.8199	7.2299	9.6398	12.0498	14.4597	16.8697	19.2797	21.6896
—	1.145	29.320	2.4898	4.9765	7.4693	9.9501	12.4488	14.9386	17.4284	19.9181	22.4079
18	1.140	20.350	2.5750	5.1499	7.7249	10.2998	12.87.8	15.4497	18.0247	20.5956	23.1746
—	1.135	27.341	2.6700	5.3400	8.0099	10.6799	13.3499	16.0199	18.6899	21.3599	24.0298

(56) *Table de polarisation (pour le saccharimètre Laurent)*

variation du pouvoir rotatoire

1. — Sans sous-

16g19 Poids normal — Degrés lus au saccharimètre	Sucre en volume	Densité (à 15° c.)									
		3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25
		Degrés Vivien ou matières dissoutes °/₀ du volume (à + 15° c.)									
		8	8.7	9.8	10	10.67	11.33	11.98	12.63	13.29	13.94
		Degrés Dupont ou matières dissoutes °/₀ du volume (à + 15° c.)									
		7.8	8.4	9	9.66	10.66	10.86	11.46	12.06	12.64	13.25
100	16.1900										
90	14.5680										
80	12.9470									12.32	12.30
70	11.3260							10.84	10.81	10.78	10.76
60	9.7060					9.83	9.31	9.29	9.27	9.25	9.23
50	8.0870		7.82	7.80	7.78	7.76	7.74	7.72	7.70	7.68	7.66
40	6.4680	6.28	6.26	6.24	6.22	6.21	6.20	6.18	6.17	6.16	6.15
30	4.8500	4.72	4.70	4.69	4.67	4.66	4.65	4.64	4.62	4.61	4.60
20	3.2330	3.14	3.13	3.12	3.11	3.11	3.10	3.10	3.09	3.09	3.08
10	1.6160	1.57	1.56	1.56	1.55	1.55	1.55	1.55	1.54	1.54	1.53
9	1.4544	1.42	1.42	1.41	1.41	1.40	1.40	1.40	1.40	1.39	1.39
8	1.2928	1.26	1.26	1.26	1.25	1.25	1.25	1.24	1.24	1.23	1.23
7	1.1313	1.11	1.11	1.11	1.10	1.10	1.10	1.09	1.09	1.09	1.09
6	0.9697	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
5	0.8082	0.79	0.79	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
4	0.6466	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
3	0.4850	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.46	0.46	0.46	0.46	0.46
2	0.3234	0.32	0.32	0.32	0.32	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31	0.31
1	0.1619	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15

Degrés	Sucre.	Degrés	Sucre.
0.1	0.02	0.5	0.08
0.2	0.03	0.6	0.10
0.3	0.05	0.7	0.11
0.4	0.06	0.8	0.13
		0.9	0.15

RIMÉTRIE

(calculée par F. Dupont et D. Sidersky) *tenant compte de la spécifique du sucre de canne.*

ACÉTATE DE PLOMB.

Densité (à 15° c.)											16°19 Poids normal
5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00	7.25	7.50	7.75	8.00	
Degrés Vivien ou matières dissoutes °/₀ du volume (à + 15° c.)											
14.6	15.25	15.91	16.56	17.22	17.88	18.54	19.23	19.87	20.53	21.20	
Degrés Dupont ou matières dissoutes °/₀ du poids (à + 15° c.)											**Degrés lus au saccharimètre.**
13.83	14.42	15.01	15.59	16.17	16.75	17.33	17.91	18.48	19.05	19.66	
			15.23	15.20	15.17	15.13	15.09	15.06	15.02	14.98	100
	13.78	13.75	13.72	13.68	13.65	13.62	13.59	13.55	13.52	13.48	90
12.27	12.24	12.21	12.18	12.15	12.12	12.09	12.06	12.03	12.00	11.98	80
10.73	10.70	10.68	10.65	10.62	10.60	10.58	10.55	10.52	10.50	10.48	70
9.21	9.18	9.16	9.14	9.12	9.09	9.07	9.04	9.02	9.00	8.98	60
7.63	7·61	7.58	7.57	7.55	7.54	7.53	7.52	7.51	7.50	7.48	50
6.13	6.12	6.10	6.08	6.06	6.05	6.04	6.02	6.01	6.00	5.98	40
4.59	4.58	4.57	4.56	4.55	4.54	4.54	4.52	4.51	4.50	4.49	30
3.07	3.06	3.05	3.05	3.04	3.03	3.02	3.01	3.00	2.99	2.09	20
1.53	1.53	1.52	1.52	1.52	1.51	1.51	1.50	1.50	1.49	1.49	10
1.39	1.38	1.38	1.38	1.37	1.37	1.36	1.36	1.36	1.36	1.35	9
1.23	1.22	1.22	1.22	1.22	1.21	1.21	1.20	1.20	1.20	1.20	8
1.08	1.08	1.08	1.08	1.07	1.07	1.07	1.06	1.06	1.05	1.05	7
0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.91	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	6
0.77	0.77	0.77	0.77	0.76	0.76	0.76	0.75	0.75	0.75	0.75	5
0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	4
0.46	0.46	0.46	0.46	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	3
0.31	0.31	0.31	0.31	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	2
0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	1

(58) *Table de polarisation (pour le saccharimètre Laurent) variation du pouvoir rotatoire*

2. — Avec du sous-

Degrés	Sucre.	Degrés	Sucre.
0.1	0.02	0.6	0.11
0.2	0.04	0.7	0.12
0.3	0.05	0.8	0.14
0.4	0.07	0.9	0.16
0.5	0.09	»	»

16g19 Poids normal	Sucre en volume	*Densité (à 15° c.)*									
		3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75	5.00	5.25
		Degrés Vivien ou matières dissoutes °/₀ du volume (à + 15° c.)									
		8	8.7	9.3	10	10.67	11.33	11.98	12.63	13.29	13.94
		Degrés Dupont ou matières dissoutes °/₀ du poids (à + 15° c.)									
Degrés lus au saccharimètre.		7.8	8.4	9	9.66	10.26	10.86	11.46	12.06	12.66	13.25
100	17.8090										
90	16.0248										
80	14.2417										
70	12.4586								11.99	11.86	11.84
60	10.6766						10.24	10.21	10.19	10.17	10.15
50	8.8957			8.58	8.57	8.56	8.54	8.52	8.50	8.48	8.46
40	7.1148	6.92	6.91	6.90	6.88	6.87	6.86	6.85	6.84	6.82	6.81
30	5.3350	5.18	5.17	5.16	5.15	5.13	5.12	5.11	5.10	5.08	5.07
20	3.5563	3.46	3.45	3.44	3.44	3.43	3.42	3.42	3.41	3.41	3.40
10	1.7776	1.72	1.72	1.72	1.71	1.71	1.70	1.70	1.69	1.68	1.68
9	1.5998	1.56	1.56	1.55	1.55	1.55	1.55	1.54	1.54	1.51	1.54
8	1.4221	1.39	1.39	1.39	1.38	1.38	1.38	1.38	1.37	1.37	1.37
7	1.2444	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.21	1.21	1.21	1.21	1.20
6	1.0667	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
5	0.8890	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
4	0.7113	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
3	0.5335	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
2	0.3557	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.34
1	0.1781	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17

RIMÈTRIE

(calculée par F. Dupont et D. D. Sidersky) *tenant compte de la spécifique du sucre de canne*

ACÉTATE DE PLOMB.

Densité (à 15° c.)											16g19 Poids normal
5.50	5.75	6.00	6.25	6.50	6.75	7.00	7.25	7.50	7.75	8.00	
Degrés Vivien ou matières dissoutes °/o du volume (à + 15° c.)											Degrés lus au saccharimètre.
14.6	15.25	15.91	16.56	17.22	17.88	18.54	19.23	19.87	20.53	21.20	
Degrés Dupont ou matières dissoutes °/o du poids (à + 15° c)											
13.83	14.42	15.01	15.59	16.17	16.75	17.33	17.91	18.48	19.05	19.66	
						16.64	16.60	16.56	16.52	16.48	100
			15.05	15.03	15.02	15.00	14.96	14.92	14.87	14.83	90
13.50	13.48	13.45	13.42	13.39	13.36	13.33	13.29	13.25	13.21	13.18	80
11.82	11.80	11.78	11.75	11.73	11.70	11.68	11.64	11.60	11.56	11.53	70
10.12	10.10	10.08	10.05	10.03	10.01	9.99	9.97	9.94	9.91	9.88	60
8.43	8.41	8.39	8.37	8.35	8.32	8.30	8.28	8.27	8.25	8.23	50
6.79	6.77	6.75	6.74	6.72	6.70	6.68	6.66	6.64	6.61	6.58	40
5.06	5.05	5.04	5.03	5.02	5.00	4.99	4.98	4.97	4.96	4.94	30
3.40	3.39	3.38	3.37	3.36	3.35	3.34	3.33	3.32	3.30	3.29	20
1.67	1.67	1.67	1.66	1.66	1.66	1.65	1.65	1.64	1.64	1.64	10
1.53	1.53	1.52	1.52	1.52	1.51	1.51	1.50	1.50	1.49	1.49	9
1.37	1.36	1.36	1.36	1.35	1.35	1.35	1.34	1.34	1.33	1.32	8
1.20	1.20	1.20	1.19	1.19	1.19	1.18	1.18	1.17	1.17	1.16	7
1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	0.99	6
0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.84	0.84	0.83	0.83	0.83	0.83	5
0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.66	4
0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	3
0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	2
0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	1

(59) *Tables saccharimétriques donnant les taux en sucre pour* **100 grammes de jus de betteraves** *et tenant compte des variations du pouvoir rotatoire spécifique du sucre, calculées par F Dupont et D. Sidersky.*

Degrés lus au saccharimètre.	DEGRÉS SACCHARIMÉTRIQUES BRIX-DUPONT et densités réelles correspondantes à +15°											Degré lus au saccharimètre.
	12.65 — 5	12.89 — 5.1	13.13 — 5.2	13.36 — 5.3	13.60 — 5.4	13.83 — 5.5	14.07 — 5.6	14.30 — 5.7	14.54 — 5.8	14.77 — 5.9	15.01 — 6	
100												100
90												90
80					13.51	13.50	13.49	13.49	13.48	13.47	13.46	80
70	11.86	11.85	11.84	11.83	11.82	11.81	11.80	11.80	11.79	11.78	11.77	70
60	10.17	10.16	10.15	10.14	10.13	10.12	10.11	10.11	10.10	10.09	10.08	60
50	8.48	8.47	8.46	8.45	8.44	8.44	8.43	8.42	8.41	8.40	8.39	50
40	6.82	6.81	6.81	6.80	6.80	6.80	6.79	6.79	6.78	6.78	6.77	40
30	5.07	5.07	5.07	5.07	5.06	5.06	5.06	5.05	5.05	5.04	5.04	30
20	3.41	3.40	3.40	3.40	3.40	3.40	3.39	3.39	3.39	3.39	3.39	20
10	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.68	1.67	1.67	1.67	1.67	1.67	10
9	1.54	1.54	1.54	1.54	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	1.53	9
8	1.37	1.37	1.37	1.37	1.37	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	8
7	1.21	1.21	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	7
6	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	6
5	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.85	0.85	0.85	5
4	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	4
3	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	3
2	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.34	0.34	2
1	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	1

Degrés	Sucre	Degrés	Sucre
0.1	0.02	0.6	0.11
0.2	0.04	0.7	0.12
0.3	0.05	0.8	0.14
0.4	0.07	0.9	0.16
0.5	0.09		

Ces tables sont calculées pour les saccharimètres français (16 gr. 19 poids normal), le jus étant additionné de 10 °/₀ de son volume de sous-acétate de plomb.

Tables saccharimétriques donnant les taux en sucre pour **100 grammes de jus de betteraves** *et tenant compte des variations du pouvoir rotatoire spécifique du sucre, calculées par F. Dupont et D. Sidersky.*

Degrés lus au saccharimètre.	DEGRÉS SACCHAROMÉTRIQUES BRIX-DUPONT et densités réelles correspondantes à + 15°										Degrés lus au saccharimètre.
	15.21 — 6.1	15.47 — 6.2	15.71 — 6.3	15.94 — 6.4	16.17 — 6.5	16.40 — 6.6	16.63 — 6.7	16.86 — 6.8	17.09 — 6.9	17.33 — 7	
100										16.64	100
90			15.08	15.07	15.06	15.05	15.04	15.03	15.01	15.00	90
80	13.44	13.43	13.42	13.40	13.39	13.38	13.37	13.36	13.35	13.33	80
70	11.76	11.75	11.74	11.73	11.72	11.71	11.71	11.70	11.69	11.68	70
60	10.07	10.06	10.05	10.04	10.03	10.02	10.02	10.01	10.06	9.99	60
50	8.38	8.37	8.36	8.35	8.34	8.33	8.33	8.32	8.31	8.30	50
40	6.76	6.75	6.74	6.73	6.71	6.71	5.71	6.70	6.69	6.68	40
30	5.03	5.03	5.02	5.02	5.01	5.01	5.00	5.00	5.00	4.99	30
20	3.38	3.38	3.37	1.37	3.36	3.36	3.36	3.35	3.35	3.34	20
10	1.67	1.67	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.66	1.65	1.65	10
9	1.52	1.52	1.52	1.52	1.51	1.52	1.51	1.51	1.51	1.51	9
8	1.36	1.36	1.36	1.36	1.35	1.35	1.36	1.35	1.35	1.35	8
7	1.20	1.20	1.19	1.19	1.19	1.19	1.19	1.18	1.18	1.18	7
6	1.02	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	6
5	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.84	5
4	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67	4
3	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.50	0.50	0.50	3
2	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	2
1	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	1

Ces tables sont calculées pour les saccharimètres français (16 gr. 19 poids normal), le jus étant additionné de 10 °/₀ de son volume de sous-acétate de plomb.

Tables saccharimétriques donnant les taux en sucre pour **100 grammes de jus de betteraves** *et tenant compte des variations du pouvoir rotatoire spécifique du sucre, calculées par F. Dupont et D Sidersky.*

Degrés lus au saccharimètre.	DEGRÉS SACCHARIMÉTRIQUES BRIX-DUPONT et densités réelles correspondantes à +15°											Degré lus au saccharimètre.
	17.33	17.56	17.79	18.02	18.25	18.48	18.71	18.94	19.17	19.40	19.66	
	7	7.1	7.2	7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8	
100	16.64	16.63	16.61	16.60	16.59	16.57	16.56	16.54	16.52	16.50	16.48	100
90	15.00	14.99	14.97	14.95	14.93	14.91	14.89	14.87	14.86	14.85	15.83	90
80	13.33	13.31	13.30	13.29	13.27	13.25	13.24	13.22	13.21	13.20	13.18	80
70	11.68	14.67	11.65	11.63	11.62	11.60	11.59	11.58	11.56	11.55	11.53	70
60	10.[illegible]	9.98	9.97	9.96	9.95	9.94	9.93	9.92	9.91	9.90	9.88	60
50	8.30	8.29	8.28	8.27	8.26	8.25	8.25	8.24	8.24	8.23	9.23	50
40	6.68	6.67	6.66	6.65	6.64	6.63	6.62	6.61	6.60	6.59	6.58	40
30	4.99	4.98	4.98	4.97	4.97	4.96	4.96	4.95	4.95	4.94	4.94	30
20	3.34	3.34	3.33	3.33	3.32	3.32	3.31	3.31	3.30	3.30	3.29	20
10	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.64	1.64	1.64	1.64	1.64	10
9	1.51	1.51	1.51	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.49	1.49	1.49	9
8	1.35	0.35	1.34	1.34	1.34	1.34	1.33	1.33	1.33	1.32	1.32	8
7	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.17	1.17	1.17	1.47	1.17	1.16	7
6	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99	6
5	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	5
4	0.67	0.67	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	4
3	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	3
2	0.34	0.34	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	2
1	0.17	0.47	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	1

Degrés	Sucre	Degrés	Sucre
0.1	0.02	0.6	0.11
0.2	0.04	0.7	0.12
0.3	0.05	0.8	0.14
0.4	0.07	0.9	0.16
0.5	0.09		

Ces tables sont calculées pour les saccharimètres français (16 gr. 19 poids normal), le jus étant additionné de 10 °/₀ de son volume de sous-acétate de plomb.

Tables saccharimétriques donnant les taux en sucre pour **100 grammes de jus de betteraves** *et tenant compte des variations du pouvoir rotatoire spécifique du sucre, calculées par F. Dupont et D. Sidersky.*

Degrés lus au saccharimètre	DEGRÉS SACCHAROMÉTRIQUES BRIX-DUPONT et densités réelles correspondantes à + 15°.										Degrés lus au saccharimètre
	19.85	20.08	20.30	20.53	20.75	20.97	21 20	21.42	21.64	21.86	
	8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.8	8.9	9	
100	16.47	16.46	16.44	16.42	16.41	16.40	16.38	16.36	16.35	16.34	100
90	14.81	14.79	14.77	14.76	14.75	14.74	14.73	14.72	14.71	14.70	90
80	13.16	13.15	13.14	13.13	13.12	13.11	13.10	13.09	13.08	13.07	80
75	11.51	11.50	11.49	11.48	11.47	11.46	11.45	11.44	11.43	11.42	70
60	9.87	9.86	9.85	9.85	9.84	9.83	9.82	9.81	9.80	9.79	60
50	8.22	8.22	8.21	8.20	8.20	8.19	8.18	8.17	8.17	8.16	50
40	6.58	6.57	6.57	6.56	6.56	6.55	6.55	6.54	6.54	6.53	40
30	4.94	4.93	4.93	4.93	4.92	4.92	4.91	4.91	4.91	4.90	30
20	3.29	3.29	3.28	3.28	3.28	3.27	3.27	3.27	3.26	3.26	20
10	1.64	1.64	1.64	1.64	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	10
9	1.49	1.48	1.48	1.48	1.48	1.47	1.47	1.47	1.47	1.47	9
8	1.32	1.32	1.32	1.31	1.31	1.31	1.31	1.30	1.30	1.30	8
7	1.16	1.16	1.16	1.16	1.15	1.15	1.15	1.15	1.14	1.14	7
6	0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	6
5	0.83	0.83	0.83	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82	5
4	0.66	0.66	0.66	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	4
3	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49	0.49	3
2	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.33	0.32	0.32	2
1	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	1

Ces tables sont calculées pour les saccharimètres français (16 gr. 19 poids normal), le jus étant additionné de 10 °/. de son volume de sous-acétate de plomb.

(60) *Table de* Schmitz *destinée à l'analyse des jus et dissolu*
et Schmidt-Hœnsch, *tenant compte des variations du pouvoir*
Poids normat

Degrés lus au polarimètre.	Degrés Brix de la solution.												
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	11,50	12	12.5
80													
70													
60													
50													
40										9.96	9.94	9.92	9.90
30							7.56	7.53	7.50	17	7.45	7.41	7.42
20				5.09	5.08	5.06	5.04	5.02	5.00	4.98	97 4.	4.96	4.95
10	2.58	2.57	2.56	2.55	2.54	2.53	2.52	2.51	2.50	2.49	2.48	2.48	2.48
9	2.32	2.31	2.30	2.29	2.28	2.27	2.27	2.26	2.25	2.24	2.23	2.23	2.22
8	2.05	2.05	2.05	2.01	2.03	2.02	2.01	2.01	2.00	1.99	1.99	1.99	1.98
7	1.80	1.80	1.79	1.78	1.78	1.77	1.76	1.75	1.75	1.71	1.71	1.73	1.73
6	1.55	1.54	1.53	1.52	1.52	1.52	1.51	1.50	1.50	1.49	1.49	1.49	1.48
5	1.29	1.28	1.28	1.27	1.27	1.26	1.26	1.25	1.25	1.21	1.21	1.24	1.24
4	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.01	1.01	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.99
3	0.77	0.77	0.77	0.76	0.76	0.76	0.76	0.75	0.75	0.75	0.71	0.74	0.74
2	0.52	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.50	0.49
1	0.26	0.26	0.26	0.26	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25

10es de degrés	Sucre	10es de degrés	Sucre
0.1	0.03	0.6	0.15
0.2	0.05	0.7	0.17
0.3	0.07	0.8	0 20
0.4	0.10	0.9	0.22
0.5	0.12		

tions sucrées, applicable aux polarimètres Soleil-Scheibler
rotatoire du sucre de canne (Sans sous-acétate de plomb).
26 *grammes* 0.48.

Degrés Brix de la solution.												Degrés lus au polarimètre.
13	13.5	14	14.5	15	15.5	16	16.5	17	17.5	18	18.5	
												80
										16.96	16.92	70
					14.68	14.65	14.62	14.59	14.56	14.53	14.50	60
12.35	12.33	12.30	12.28	12.25	12.23	12.20	12.18	12.15	12.13	12.10	12.08	50
9.88	9.86	9.84	9.82	9.80	9.78	9.76	9.74	9.72	9.70	9.68	9.66	40
7.41	7.39	7.38	7.36	7.35	7.33	7.32	7.30	7.29	7.27	7.26	7.24	30
4.94	4.93	4.92	4.91	4.90	4.89	4.88	4.87	4.86	4.85	4.84	4.83	20
2.47	2.46	2.46	2.45	2.45	2.44	2.44	2.43	2.43	2.42	2.42	2.41	10
2.22	2.22	2.21	2.21	2.20	2.20	2.19	2.19	2.18	2.18	2.18	2.17	9
1.99	1.97	1.97	1.96	1.96	1.95	1.95	1.95	1.94	1.94	1.93	1.93	8
1.73	1.72	1.72	1.72	1.71	1.71	1.71	1.70	1.70	1.70	1.69	1.69	7
1.48	1.48	1.47	1.47	1.47	1.46	1.46	1.46	1.46	1.45	1.45	1.45	6
1.23	1.23	1.23	1.23	1.22	1.22	1.22	1.22	1.21	1.21	1.21	1.21	5
0.99	0.99	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.97	0.97	0.97	0.97	4
0.74	0.74	0.74	0.74	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.72	3
0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.48	0.48	0.48	2
0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	1

(**61**) *Table F. Dupont et Sidersky, à l'usage du polarimètre Laurent tenant compte du pouvoir rotatoire spécifique du sucre de canne. (Méthode des pesées. — 16 gr. 19 poids normal).*

Degrés observés.	Sucre °/₀ cc. gr.	Degrés observés.	Sucre °/₀ cc. gr.	Degrés observés.	Sucre °/₀ cc. gr.	Degrés observés.	Sucre °/₀ cc. gr.	Degrés observés.	Sucre °/₀ cc. gr.
1	0.1619	21	3.3947	41	6.6299	61	9.8681	81	13.1091
2	0.3234	22	3.5564	42	6.7917	62	10.0304	82	13.2712
3	0.4850	23	3.7181	43	6.9536	63	10.1929	83	13.4333
4	0.6466	24	3.8798	44	7.1158	64	10.3556	84	13.5954
5	0.8082	25	4.0415	45	7.2775	65	10.5185	85	13.7575
6	0.9697	26	4.2032	46	7.4394	66	10.6816	86	13.9196
7	1.1313	27	4.3649	47	7.6013	67	10.8149	87	14.0817
8	1.2928	28	4.5266	48	7.7632	68	11.0084	88	14.2438
9	1.4544	29	4.6883	49	7.9251	69	11.1721	89	14.4059
10	1.6160	30	4.8500	50	8.0870	70	11.3260	90	14.5680
11	1.7777	31	5.0118	51	8.2489	71	11.4881	91	14.7301
12	1.9394	32	5.1736	52	8.4108	72	11.6501	92	14.8822
13	2.1010	33	5.3354	53	8.5727	73	11.8129	93	15.0553
14	2.2626	34	5.4972	54	8.7346	74	11.9756	94	15.2174
15	2.4243	35	5.6590	55	8.8965	75	12.1385	95	15.3795
16	2.5859	36	5.8208	56	9.0584	76	12.3016	96	15.5416
17	2.7476	37	5.9826	57	9.2203	77	12.4649	97	15.7037
18	2.9093	38	6.1444	58	9.3822	78	12.6284	98	15.8658
19	3.0710	39	6.3042	59	9.5441	79	12.7922	99	16.0279
20	3.2330	40	6.4680	60	9.7060	80	12.9470	100	16.1900

(62) *Table Schmitz, à l'usage des polarimètres Soleil-Scheibler et Schmidt-Haensch, tenant compte des variations du pouvoir rotatoire spécifique.* (*Méthode des pesées*), 26.048 *gr. : substances sucrées pour* 100 *c. c. m. de solution.*

Degrés lus	°/o de sucre dans la substance polarisée	Degrés lus	°/o de sucre dans la substance polarisée.	Degrés lus	°/o de sucre dans la substance polarisée.	Degrés lus	°/o de sucre dans la substance polarisée.	Degrés lus	°/o de sucre dans la substance polarisée	Degrés lus	°/o de sucre dans la substance polarisée
1	1.00	18	17.95	35	34.92	52	51.92	69	68.93	85	84.96
2	1.99	19	18.95	36	35.92	53	52.92	70	69.93	86	85.96
3	2.99	20	19.95	37	36.92	54	53.92	71	70.93	87	86.96
4	3.99	21	20.95	38	37.92	55	54.92	72	71.93	88	87.96
5	4.98	22	21.94	39	38.92	56	55.92	73	72.93	89	88.97
6	5.98	23	22.94	40	39.92	57	56.92	74	73.94	90	89.97
7	6.98	24	23.94	41	40.92	58	57.92	75	74.94	91	90.97
8	7.98	25	24.94	42	41.92	59	58.92	76	75.94	92	91.98
9	8.97	26	25.94	43	42.92	60	59.92	77	76.94	93	92.98
10	9.97	27	26.94	44	43.92	61	60.92	78	77.94	94	93.98
11	10.97	28	27.93	45	44.92	62	61.92	79	78.94	95	94.98
12	11.97	29	28.93	46	45.92	63	62.92	80	79.95	96	95.98
13	12.96	30	29.93	47	46.92	64	63.92	81	80.95	97	96.99
14	13.96	31	30.93	48	47.92	65	64.92	82	81.95	98	97.99
15	14.96	32	31.93	49	48.92	66	65.93	83	82.95	99	98.99
16	15.96	33	32.93	50	49.92	67	66.93	84	83.95	100	100.00
17	16.95	34	33.93	51	50.92	68	67.93				

(**63**) *Table de Casamajor (Chemical News), 44, 219) pour le dosage du cristallisable par l'inversion optique d'après Clerget, Touschsmidt Reichard et Billmann. — La formule est*

$$R = S \times \left(\frac{100}{144 - 0.5\,t^{\circ}}\right)$$ *dont* S = *la somme des polarisations, faites avant et après l'inversion. La table suivante supprime le calcul.*

Température en degrés C.	Valeur de $\frac{100}{144 - 0.5\,t^{\circ}}$	Température en degrés C.	Valeur de $\frac{100}{144 - 0.5\,t^{\circ}}$	Température en degrés C.	Valeur de $\frac{100}{144 - 0.5\,t^{\circ}}$	Température en degrés C.	Valeur de $\frac{100}{144 - 0.5\,t^{\circ}}$
10	0.719	18	0.740	26	0.763	34	0.787
11	0.722	19	0.743	27	0.766	35	0.790
12	0.724	20	0.746	28	0.768	36	0.793
13	0.727	21	0.749	29	0.771	37	0.796
14	0.730	22	0.752	30	0.774	38	0.800
15	0.732	23	0.754	31	0.777	39	0.803
16	0.735	24	0.757	32	0.780	40	0.806
17	0.738	25	0.760	33	0.784	41	0.810

(**64**) *Calcul de la richesse des betteraves en sucre*
(Edouard Delville)

Densité.	Facteur.	Densité.	Facteur.	Densité.	Facteur.	Densité.	Facteur.
104	0,164	105,3	0,162	106,6	0,160	107,9	0,158
104,1	0,164	105,4	0,162	106,7	0,160	108	0,158
104,2	0,164	105,5	0,162	106,8	0,159	108,1	0,158
104,3	0,163	105,6	0,162	106,9	0,159	108,2	0,158
104,4	0,163	105,7	0,162	107	0,159	108,3	0,157
104,5	0,163	105,8	0,162	107,1	0 159	108,4	0,157
104,6	0,163	105,9	0,161	107,2	0,159	108,5	0,157
104,7	0,163	106	0,161	107,3	0,159	108,6	0,157
104,8	0,163	106,1	0,161	107.4	0,159	108,7	0,157
104,9	0,163	106,2	0,161	107,5	0,159	108,8	0,157
105	0,163	106,3	0,160	107,6	0,158	108,9	0,156
105,1	0,162	106,4	0,160	107,7	0,158	109	0,156
105,2	0,162	106,5	0,160	107,8	0,158		

Observations.— Cette table est destinée à faciliter le calcul de la richesse des betteraves en sucre.

Elle a été dressée pour l'usage des saccharimètres type Duboscq-Soleil à poids normal de 16 gr. 35 et en supposant que la betterave contient 0.95 de son poids de jus.

Pour calculer le °/₀ de sucre dans la betterave au moyen de cette table, deux déterminaisons sont nécessaires : 1° la densité du jus à la température de 15° centigr.; 2° la polarisation du jus après addition de 1/10 de sous-acétate de plomb. Cela étant fait, on cherchera la densité dans le tableau et l'on multipliera le nombre de degrés lu sur l'échelle du saccharimètre par le facteur placé en face de la densité, le produit de la multiplication sera le °/₀ de sucre dans la betterave.

Exemple. — Le jus marque 105 de densité; le saccharimètre marque 60°. La richesse de la betterave est 0.163×60=9.78 °/₀.

---

(65) *Equivalence des degrés des différents saccharimètres.*

1° de l'échelle de	Mitscherlich	= 0°750 sucre 0/0cc.
1° —	Soleil-Duboscq	= 0.1635. —
1° —	Ventzke-Soleil ou Schmidt Haensch	= 0.26048 —
1° —	Wild	= 0.100. —
1° —	Laurent	= 0.1620 ou 0.1619.
1° Mitscherlich		= 4°635 Laurent.
1° —		= 2°879 Soleil-Ventzke.
1° Laurent		= 0°245 Mitscherlich.
1° —		= 0°620 Ventzke-Soleil.
1° —		= 1°619 Wild.
1° Soleil-Ventzke		= 0°346 Mitscherlich.
1° —		= 1°608 Laurent.
1° —		= 2°648 Wild.
1° Wild		= 0°618 Laurent.
1° —		= 0°384 Soleil-Ventzke.
1° —		= 0°133 Mitscherlich.

Equivalence en degrés d'arc.

Laurent *j* 1°	= 0.2167 degrés d'arc	D.
— *j* 1°	= 0.2450 » »	*j*
Wild 1°	= 0.1328 » »	D
Soleil-Ventzke ou Schmidt-Haensch *j* 1°	= 0.3155 » »	D
j 1°	= 0.3906 » »	j
1° polarimétrique	= 4°615 saccharimétriques	(*j*)

Dans les saccharimètres Laurent, 16 gr. 20 (16 gr. 19) de sucre chimiquement pur, dissous dans 100cc et examinés dans un tube de 200 m/m marquent :

100 degrés avec la division en centièmes de sucre.
162 — Vivien.
21°40 — en 360°.

ou 1° degré division en cent. de sucre = 0.162 gr. de sucre dans 100 c.
1 — Vivien = 0 100 —
1 — en 300° = 0.750 —

(66) *Table de G. Kotmann, pour la détermination des quotients de pureté des jus sucrés.*

Sucre °/°	NON-SUCRE °/°									Sucre °/°
	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	
8.0	88.9	87.9	87.0	86.0	85.1	84.2	83.3	82.5	81.6	8.0
8.2	89.1	88.2	87.2	86.3	85.4	84.5	83.7	82.8	82.0	8.2
8.4	89.4	88.4	87.5	86.6	85.7	84.8	84.0	83.2	82.3	8.4
8.6	89.6	88.7	87.8	86.9	86.0	85.1	84.3	83.5	82.7	8.6
8.8	89.8	88.9	88.0	87.1	86.3	85.4	84.6	83.8	83.0	8.8
9.0	90.0	89.1	88.2	87.4	86.5	85.5	84.9	84.1	83.3	9.0
9.2	90.2	89.3	88.5	87.6	86.8	86.0	85.2	84.4	83.6	9.2
9.4	90.4	89.5	88.7	87.8	87.0	86.2	85.5	84.7	83.9	9.4
9.6	90.6	89.7	88.9	88.1	87.3	86.5	85.7	85.0	84.2	9.6
9.8	90.7	89.9	89.1	88.3	87.5	86.7	86.0	85.2	84.5	9.8
10.0	90.9	90.1	89.3	88.5	87.7	87.0	86.2	85.5	84.7	10.0
10.2	91.1	90.3	89.3	88.7	87.9	87.2	86.4	85.7	85.0	10.2
10.4	91.2	90.4	89.5	88.9	88.1	87.4	86.7	86.0	85.2	10.4
10.6	91.4	90.6	89.7	89.1	88.3	87.6	86.9	86.2	85.5	10.6
10.8	91.5	90.8	89.8	89.3	88.5	87.8	87.1	86.4	85.7	10.8
11.0	91.7	90.9	90.0	89.4	88.7	88.0	87.3	86.6	85.9	11.0
11.2	91.8	91.0	90.2	89.6	88.9	88.2	87.5	86.8	86.2	11.2
11.4	91.9	91.1	90.3	89.8	89.1	88.4	87.7	87.0	86.4	11.4
11.6	92.1	91.3	90.5	89.9	89.2	88.5	87.9	87.2	86.6	11.6
11.8	92.2	91.5	90.6	90.1	89.4	88.7	88.1	87.4	86.8	11.8
12.0	92.3	91.6	90.8	90.2	89.6	88.9	88.2	87.6	87.0	12.0
12.2	92.4	91.7	90.9	90.4	89.7	89.1	88.4	87.8	87.1	12.2
12.4	92.5	91.9	91.0	90.5	89.9	89.2	88.6	87.9	87.3	12.4
12.6	92.6	92.0	91.2	90.6	90.0	89.4	88.7	88.1	87.5	12.6
12.8	92.8	92.1	91.3	90.8	90.1	89.5	88.9	88.3	87.7	12.8
13.0	92.9	92.2	91.4	90.9	90.3	89.7	89.0	88.4	87.8	13.0
13.2	93.0	92.3	91.5	91.0	90.4	89.8	89.2	88.6	88.0	13.2
13.4	93.1	92.4	91.7	91.2	90.5	89.9	89.3	88.7	88.2	13.4
13.6	93.2	92.5	91.9	91.3	90.7	90.1	89.5	88.9	88.3	13.6
13.8	93.2	92.6	92.0	91.4	90.8	90.2	89.6	89.0	88.5	13.8
14.0	93.3	92.7	92.1	91.5	90.9	90.3	89.7	89.2	88.6	14.0
14.2	93.4	92.8	92.2	91.6	91.0	90.4	89.9	89.3	88.8	14.2
14.4	93.5	92.9	92.3	91.7	91.1	90.6	90.0	89.4	88.9	14.4
14.6	93.6	93.0	92.4	91.8	91.3	90.7	90.1	89.6	89.0	14.6
14.8	93.7	93.1	92.5	91.9	91.4	90.8	90.2	89.7	89.2	14.8
15.0	93.7	93.2	92.6	92.0	91.5	90.9	90.4	89.8	89.3	15.0
15.2	93.8	93.3	92.7	92.1	91.6	91.0	90.5	89.9	89.4	15.2
15.4	93.9	93.3	92.8	92.2	91.7	91.1	90.6	90.1	89.5	15.4
15.6	94.0	93.4	92.8	92.3	91.8	91.2	90.7	90.2	89.7	15.6
15.8	94.1	93.5	92.9	92.4	91.9	91.3	90.8	90.3	89.8	15.8
16.0	94.1	93.6	93.0	92.5	92.0	91.4	90.9	90.4	89.9	16.0
16.2	94.2	93.7	93.1	92.6	92.0	91.5	91.0	90.5	90.0	16.2
16.4	94.3	93.7	93.2	92.6	92.1	91.6	91.1	90.6	90.1	16.4
16.6	94.3	93.8	93.3	92.7	92.2	91.7	91.2	90.7	90.2	16.6
16.8	94.4	93.9	93.3	92.8	92.3	91.8	91.3	90.8	90.3	16.8
17.0	94.4	93.9	93.4	92.9	92.4	91.8	91.4	90.9	90.4	17.0

(66) *Table de G. Kottmann, pour la détermination des quotiens de pureté des jus sucrés.*

Sucre °/o	NON-SUCRE °/o									Sucre °/o
	1.9	2.6	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	
8.0	80.8	80.0	79.2	78.4	77.7	76.9	76.2	75.5	74.8	8.0
8.2	81.2	80.4	79.6	78.8	78.8	77.4	76.6	75.9	75.2	8.2
8.4	81.5	80.8	80.0	79.2	78.5	77.8	77.1	76.4	75.7	8.4
8.6	81.9	81.1	80.4	79.6	78.9	78.2	77.5	76.8	76.1	8.6
8.8	82.2	81.5	80.7	80.0	79.3	78.6	77.9	77.2	76.5	8.8
9.0	82.6	81.8	81.1	80.4	79.6	78.9	78.3	77.6	76.9	9.0
9.2	82.9	82.1	81.4	80.7	80.8	79.3	78.6	78.0	77.3	9.2
9.4	83.2	82.5	81.7	81.0	80.3	79.7	79.0	78.3	77.7	9.4
9.6	83.5	82.8	82.1	81.4	80.7	80.0	79.3	78.7	78.0	9 6
9.8	83.8	83.1	82.4	81.7	81.0	88.3	79.7	79.0	78.4	9.8
10.0	84.0	83.3	82.6	82.0	81.3	80.6	80.0	79.4	78.7	10.0
10.2	84.3	83.6	82.9	82.3	81.6	81.0	80.3	79.7	79.1	10.2
10.4	84.6	83.9	83.2	82.5	81.9	81.2	80.6	80.0	79.4	10.4
10.6	84.8	84.1	83.5	82.8	82.2	81.5	80.9	80.3	79.7	10.6
10.8	85.0	84.4	83.7	83.1	82.4	81.8	81.2	80.6	80.0	10.8
11.0	85.3	84.6	84.0	83.3	82.7	82.1	81.5	80.9	80.3	11.0
11.2	85.5	84.8	84.2	83.6	83.0	82.4	81.8	81.2	80.6	11.2
11.4	85.7	85.1	84.4	83.8	83.2	82.6	82.0	81.4	80.9	11.4
11.6	85.9	85.3	84.7	84.1	83.5	82.9	82.3	81.7	81.1	11.6
11.8	86.1	85.5	84.9	84.3	83.7	83.1	82.5	81.9	81.4	11.8
12.0	86.3	85.7	85.1	84.5	83.9	83.3	82.8	82.2	81.6	12.0
12.2	86.5	85.9	85.3	84.7	84.1	83.6	83.0	82.4	81.9	12.2
12.4	86.7	86.1	85.5	84.9	84.4	83.8	83.0	82.7	82.1	12.4
12.6	86.9	86.3	85.7	85.1	84.6	84.0	83.4	82.9	82.4	12.6
12.8	87.1	86.5	85.9	85.3	84.8	84.2	83.7	83.1	82.6	12.8
13.0	87.2	86.0	86.1	85.5	85.0	84.4	83.9	83.3	82.8	13.0
13.2	87.4	86.7	86.3	85.7	85.2	84.6	84.1	83.5	83.0	13.2
13.4	87.6	87.8	86.5	85.9	85.4	84.8	84.3	83.7	83.2	13.4
13.6	87.7	87.2	86.6	86.1	85.5	85.0	84.5	83.9	83.4	13.6
13.8	87.9	87.3	86.8	86.3	85.7	85.2	84.7	84.1	83.6	13.8
14.0	88.1	87.5	87.8	86.4	85.9	85.4	84.8	84.3	83.8	14.0
14.2	88.2	87.7	87.1	86.6	86.1	85.5	85.0	84.5	84.0	14.2
14.4	88.3	87.8	87.3	86.7	86.2	85.7	85.2	84.7	84.2	14.4
14.6	88.5	88.0	87.4	86.9	86.4	85.9	85.4	84.9	84.4	14.6
14.8	88.6	88.1	87.6	87.1	86.5	86.0	85.5	85.1	84.6	14.8
15.0	88.8	88.2	87.7	87.2	86.7	86.2	85.7	85.2	84.7	15.0
15.2	88.9	88.4	87.9	87.4	86.9	86.4	85.9	85.4	84.9	15.2
15.4	89.0	88.5	88.0	87.5	87.0	86.5	86.0	85.6	85.1	15.4
15.6	89.1	88.6	88.1	87.6	87.2	86.7	86.2	85.7	85.2	15.6
15.8	89.3	88.8	88.3	87.8	87.3	86.8	86.3	85.9	85.4	15.8
16.0	89.4	88.9	88.4	87.9	87.4	87.0	86.5	86.0	85.6	16.0
16.2	89.5	89.0	88.5	88.0	87.6	87.1	86.6	86.2	85.7	16.2
16.4	89.6	89.1	88.6	88.2	87.7	87.2	86.8	86.3	85.9	16.4
16.6	89.7	89.2	8.88	88.3	87.8	87.4	86.9	86.5	86.0	16.6
16.8	89.8	89.4	88.9	88.4	88.0	87.5	87.0	86.6	86.2	16.8
17.0	89.9	89.5	89.8	88.5	88.1	87.6	87.2	86.7	86.3	17.0

(66) *Table de G. Kotmann, pour la détermination des quotients de pureté des jus sucrés.*

Sucre %	NON-SUCRE %									Sucre %
	2.8	2.9	3.0	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	
8.0	74.1	73.4	72.7	72.1	71.4	70.8	70.2	69.5	69.5	8.0
8.2	74.5	73.9	73.2	72.6	71.7	71.2	70.7	70.1	69.5	8.2
8.4	75.0	74.3	73.7	73.0	72.4	71.8	71.2	70.6	70.0	8.4
8.6	75.4	74.8	74.1	73.5	72.9	72.3	71.7	71.1	70.5	8.6
8.8	75.9	75.2	74.6	73.9	73.3	72.7	72.1	71.5	71.0	8.8
9.0	76.3	75.6	75.0	74.4	73.8	73.2	72.6	72.0	71.4	9.0
9.2	76.7	76.0	75.4	74.8	74.2	73.6	73.0	72.4	71.4	9.2
9.4	77.0	76.4	75.8	75.2	74.6	74.0	73.4	72.9	72.3	9.4
9.6	77.4	76.8	76.2	75.6	75.0	74.4	73.8	73.3	72.7	9.6
9.8	77.8	77.2	76.6	76.0	75.4	74.8	74.2	73.7	73.1	9.8
10.0	78.1	77.5	76.9	76.3	75.8	75.2	74.6	74.1	73.5	10.0
10.2	78.5	77.9	77.3	76.7	76.1	75.6	75.0	74.5	73.9	10.2
10.4	78.8	78.2	77.6	77.0	76.5	75.9	75.4	74.8	74.3	10.4
10.6	79.1	78.5	77.9	77.4	76.8	76.3	75.7	75.2	74.6	10.6
10.8	79.4	78.8	78.3	77.7	77.1	76.6	76.1	75.5	75.0	10.8
11.0	79.7	79.1	78.6	78.0	77.5	76.9	76.4	75.9	75.3	11.0
11.2	80.0	79.4	78.9	78.3	77,8	77.2	76.7	76.2	75.7	11.2
11.4	80.3	79.7	79.2	78.6	78.1	77.6	77.0	76.5	76.0	11.4
11.6	80.6	80.0	79.4	78.9	78.4	77.9	77.3	76.8	76.3	11.6
11.8	80.8	80.3	79.7	79.2	78.7	78.1	77.6	77.0	76.6	11.8
12.0	81.1	80.5	80.0	79.5	78.9	78.4	77.9	77.1	76.9	12.0
12 2	81.3	80.8	80.3	79.7	79.2	78.7	78.2	77.4	77.2	12.2
12.4	81.6	81.0	80.5	80.0	79.5	79.0	78.5	78.0	77.5	12.4
12.6	81.8	81.3	80.8	80.3	79.7	79.2	78.8	78.3	77.8	12.6
12.8	82.1	81.5	81.0	80.3	80.0	79.5	79.0	78.5	78.0	12.8
13.0	82.3	81.8	81.2	80.7	80.2	79.8	79.3	78.8	78.3	13.0
13.2	82.5	82.0	81.5	81.0	80.5	80.0	79.5	79.0	78.6	13.2
13.4	82.7	82.2	81.7	81.2	80.7	80.2	79.8	79.3	78.8	13.4
13.6	82.9	82.4	81.9	81.4	81.0	80.5	80.0	79.5	79.1	13.6
13.8	83.1	82.6	82.1	81.7	81.2	80.7	80.2	79.8	79.3	13.8
14.0	83.3	82.8	82.3	81.9	81.4	80.9	80.5	80.0	79.5	14.0
14.2	83.5	83.0	82.5	82.1	81.6	80.1	80.7	80.2	79.8	14.2
14.4	83.7	83.2	82.7	82.3	81.8	81.4	80.9	80.4	80.0	14.4
14.6	83.9	83.4	82.9	82.5	82.0	81.6	81.1	80.7	80.2	14.6
14.8	84.1	83.6	83.1	82.7	82.2	81.8	81.3	80.9	80.4	14.8
15.0	84.3	83.8	83.3	82.9	82.4	82.0	81.5	81.1	80.6	15.0
15.2	84.4	84.0	83.5	83.1	82.6	82.2	81.7	81.3	80.8	15.2
15.4	84.6	84.2	83.7	83.2	82.8	82.4	81.9	81.5	81.0	15.4
15.6	84.8	84.3	83.9	83.4	83.0	82.5	82.1	81.7	81.2	15.6
15.8	84.9	84.5	84.0	83.6	83.2	82.7	82.3	81.9	81.4	15.8
16.0	85.1	84.7	84.2	83.8	83.3	82.9	82.5	82.0	81.6	16.0
16.2	85.3	84.8	84.4	83.9	83.5	83.1	82.7	82.2	81.8	16.2
16.4	85.4	84.9	84.5	84.1	83.7	83.2	82.8	82.4	82.0	16.4
16.6	85.6	85.1	84.7	84.3	83.8	83.4	83.0	82.6	82.2	16.6
16.8	85.7	85.3	84.8	84.4	84.0	83.6	83.2	82.8	82.4	16.8
17.0	85.9	85.4	85.0	84.6	84.2	83.7	83.3	82.9	82.5	17.0

(66) ***Table de G. Kotmann, pour la détermination des quotients de pureté des jus sucrés.***

Sucre °/o	NON-SUCRE °/o									Sucre °/o
	3.7	3.8	3.9	4.0	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	
8.0	68.4	67.8	67.2	66.7	66.1	65.6	65.0	64.5	64.0	8.0
8.2	68.9	68.3	67.8	67.2	66.7	66.1	65.6	65.1	64.6	8.2
8.4	69.4	68.8	68.3	67.7	67.2	66.	66.1	65.6	65.1	8.4
8.6	69.9	69.3	68.8	68.3	67.7	67.2	66.7	66.2	65.6	8.6
8.8	70.4	69.8	69.3	68.8	68.2	67.7	67.2	66.7	66.2	8.8
9.0	70.9	70.3	69.8	69.2	68.7	68.2	67.7	67.2	66.7	9.0
9.2	71.3	70.8	70.2	69.7	69.2	68.7	68.1	67.6	67.2	9.2
9.4	71.8	71.2	70.7	70.1	69.6	69.1	68.6	68.1	67.6	9.4
9.6	72.2	71.6	71.1	70.6	70.1	69.6	69.1	68.6	68.1	9.6
9.8	72.6	72.1	71.5	71.0	70.5	70.0	69.5	69.0	68.5	9.8
10.0	73.0	72.5	71.9	71.4	70.9	70.4	69.9	69.4	69.0	10.0
10.2	73.4	72.9	72.3	71.8	71.3	70.8	70.3	69.9	69.4	10.2
10.4	73.8	73.2	72.7	72.2	71.7	71.2	70.7	70.3	69.8	10.4
10.6	74.1	73.6	73.1	72.6	72.1	71.6	71.1	70.7	70.2	10.6
10.8	74.5	74.0	73.5	73.0	72.5	72.0	71.5	71.1	70.6	10.8
11.0	74.8	74.3	73.8	73.3	72.8	72.4	71.9	71.4	71.0	11.0
11.2	75.2	74.7	74.2	73.7	73.2	72.7	72.3	71.8	71.3	11.2
11.4	75.5	75.0	74.5	74.0	73.5	73.1	72.6	72.2	71.7	11.4
11.6	75.8	75.3	74.8	74.4	73.9	73.4	73.0	72.5	72.0	11.6
11.8	76.1	75.6	75.2	74.7	74.2	73.8	73.3	72.8	72.4	11.8
12.0	76.4	75.9	75.5	75.0	74.5	74.1	73.6	73.2	72.7	12.0
12.2	76.7	76.2	75.8	75.3	74.8	74.4	73.9	73.5	73.1	12.2
12.4	77.0	76.5	76.1	75.6	75.2	74.7	74.3	73.8	73.4	12.4
12.6	77.3	76.8	76.4	75.9	75.4	75.0	74.6	74.1	73.7	12.6
12.8	77.6	77.1	76.6	76.2	75.7	75.3	74.9	74.4	74.0	12.8
13.0	77.8	77.4	76.9	76.5	76.0	75.6	75.1	74.7	74.3	13.0
13.2	78.1	77.6	77.2	76.7	76.3	75.9	75.4	75.0	74.6	13.2
13.4	78.4	77.9	77.5	77.0	76.7	76.1	75.7	75.3	74.9	13.4
13.6	78.6	78.2	77.7	77.3	76.8	76.4	76.0	75.6	75.1	13.6
13.8	78.9	78.4	78.0	77.5	77.1	76.7	76.2	75.8	75.4	13.8
14.0	79.1	78.7	78.2	77.8	77.3	76.9	76.5	76.1	75.7	14.0
14.2	79.3	78.9	78.5	78.0	77.6	77.2	76.8	76.3	75.9	14.2
14.4	79.6	79.1	78.7	78.3	77.8	77.4	77.0	76.6	76.2	14.4
14.6	79.8	79.3	78.9	78.5	78.1	77.6	77.2	76.8	76.4	14.6
14.8	80.0	79.6	79.1	78.7	78.3	77.9	77.5	77.1	76.7	14.8
15.0	80.2	79.8	79.4	78.9	78.5	78.1	77.7	77.3	76.9	15.0
15.2	80.4	80.0	79.6	79.2	78.8	78.4	77.9	77.6	77.2	15.2
15.4	80.6	80.2	79.8	79.4	79.0	78.6	78.2	77.8	77.4	15.4
15.6	80.8	80.4	80.0	79.6	79.2	78.8	78.4	78.0	77.6	15.6
15.8	81.0	80.6	80.2	79.8	79.4	79.0	78.6	78.2	77.8	15.8
16.0	81.2	80.8	80.4	80.0	79.6	79.2	78.8	78.4	78.0	16.0
16.2	81.4	81.0	80.6	80.2	79.8	79.4	79.0	78.6	78.3	16.2
16.4	81.6	81.2	80.8	80.4	80.0	79.6	79.2	78.8	78.5	16.4
16.6	91.8	81.4	81.0	80.6	80.2	79.8	79.4	79.0	78.7	16.6
16.8	82.0	81.6	81.2	80.8	80.4	80.0	79.6	79.2	78.9	16.8
17.0	82.1	81.7	81.3	81.0	80.6	80.2	79.8	79.4	79.1	17.0

(67) *Table indiquant la valeur proportionnelle des betteraves et jus de betteraves.*

Degrés de pureté	SUCRE °/o 10	10.2	10.4	10.6	10.8	11	11.2	11.4	11.6	11.8
74	7.4	7.55	7.69	7.84	7.99	8.14	8.29	8.44	8.58	8.73
75	7.5	7.65	7.80	7.94	8.09	8.25	8.40	8.56	8.69	8.85
76	7.6	7.75	7.90	8.05	8.20	8.36	8.51	8.68	8.80	8.97
77	7.7	7.85	8.	8.15	8.31	8.47	8.62	8.79	8.93	9.09
78	7.8	7.95	8.10	8.26	8.42	8.58	8.73	8.90	9.05	9.21
79	7.9	8.05	8.20	8.37	8.52	8.69	8.85	9.01	9.16	9.33
80	8.	8.15	8.32	8.48	8.64	8.80	8.85	9.12	9.28	9.14
81	8.1	8.25	8.42	8.58	8.74	8.91	9.09	9.23	9.39	9.56
82	8.2	8.35	8.52	8.69	8.85	9.02	9.19	9.35	9.50	9.68
83	8.3	8.45	8.62	8.79	8.96	9.13	9.30	9.47	9.63	9.80
84	8.4	8.55	8.72	8.90	9.07	9.24	9.41	9.58	9.74	9.91
85	8.5	8.67	8.82	9.01	9.18	9.35	9.52	9.69	9.86	10.03
86	8.6	8.78	8.94	9.11	9.28	9.46	9.64	9.80	9.98	10.15
87	8.7	8.88	9.04	9.22	9.38	9.57	9.75	9.91	10.10	10.27
88	8.8	8.98	9.14	9.32	9.49	9.68	9.86	10.02	10.22	10.39
89	8.9	9.08	9.24	9.42	9.60	9.79	9.97	10.14	10.33	10.51
90	9.	9.18	9.36	9.54	9.72	9.90	10.08	10.26	10.44	10.62
91	9.1	9.28	9.46	9.64	9.82	10.01	10.19	10.37	10.56	10.74
92	9.2	9.38	9.56	9.74	9.93	10.12	10.30	10.49	10.67	10.86
93	9.3	9.48	9.67	9.85	10.04	10.23	10.41	10.60	10.79	10.98
94	9.4	9.58	9.77	9.96	10.15	10.34	10.52	10.71	10.90	11.10
95	9.5	9.68	9.88	10.07	10.26	10.45	10.63	10.83	11.02	11.21

Degrés de pureté	12	12.2	12.4	12.6	12.8	13	13.2	13.4	13.6	13.8
74	8.88	9.03	9.17	9.32	9.47	9.62	9.77	9.92	10.06	10.21
75	9.00	9.15	9.30	9.45	9.60	9.75	9.90	10.05	10.19	10.35
76	9.12	9.27	9.43	9.58	9.73	9.88	10.03	10.18	10.32	10.49
77	9.21	9.39	9.56	9.71	9.80	10.00	10.16	10.31	10.46	10.62
78	9.36	9.51	9.69	9.84	9.99	10.11	10.29	10.41	10.59	10.75
79	9.48	9.63	9.81	9.96	10.12	10.27	10.42	10.58	10.64	10.80
80	9.60	9.76	9.92	10.08	10.21	10.40	10.55	10.72	10.88	11.04
81	9.72	9.88	10.04	10.20	10.37	10.53	10·69	10.81	11.01	11.18
82	9.84	9.10	10.16	10.32	10.50	10.66	10.82	10.99	11.15	11.32
3	9.96	9.23	10.28	10.44	10.63	10.79	10.95	11.13	11.28	11.46
84	10.08	9.36	10.41	10.57	10.76	10.92	11.09	11.25	11.42	11.60
85	10.20	10.22	10.54	10.71	10.88	11.05	11.22	11.89	11.56	11.73
86	10.32	40.49	10.66	10.85	11.00	11.18	11.35	11.53	11.70	11.87
87	10.44	10.61	10.79	10.97	11.14	11.31	11.48	11.66	11.83	12.00
88	10.56	10.73	10.92	11.10	11.27	11 41	11.61	11.79	11.96	12.14
89	10.68	10.85	11.04	11.22	11.39	11.57	11.75	11.93	12.10	12.29
90	10.80	10.98	11.16	11.34	11.52	11.70	11.88	12.06	12.24	12.42
91	10.92	11.10	11.28	11.46	11.65	11.83	12.01	12.19	12.38	12.56
92	11.04	11.22	11.40	11.59	11.77	11.96	12.14	12.32	12.51	12.69
93	11.16	11.34	11.53	11.72	11.90	12.09	12.27	12.46	12.64	12.83
94	11.28	11.46	11.65	11.85	12.03	12.22	12.40	12.59	12.77	12.97
95	11.40	11.59	11.78	11.07	12.16	12.35	12.54	12.73	12.92	13.11

(67 a) *Table indiquant la valeur proportionnelle des betteraves et jus de betteraves.*

Degrés de pureté	SUCRE °/o									
	14	14.2	14.4	14.6	14.8	15	15.2	15.4	15.6	15.8
74	10.36	10.50	10.65	10.80	10.95	11.10	11.25	11 40	11.55	11.70
75	10.50	10.66	10.80	10.95	11.10	11.25	11.40	11.55	11.70	11.85
76	10.64	10.79	10.95	11.10	11.25	11.40	11.55	11.70	11.85	12.00
77	10.78	10.93	11.10	11.24	11.40	11.55	11.70	11.85	12.00	12.15
78	10.92	11.07	11.24	11.39	11.54	11.70	11.85	12.00	12.15	12.30
79	11.06	11.21	11.38	11.53	11.69	11.85	12.01	12.16	12.31	12 46
80	11.20	11.36	11.52	11.67	11.84	12.00	12.16	12.31	12.46	12.61
81	11.34	11.48	11.64	11.83	11.99	12.15	12.30	12.46	12.64	12.79
82	11.48	11.64	11.80	11.97	12.14	12.30	12.46	12.63	12.79	12.95
83	11.62	11.79	11.95	12.12	12.28	12.45	12.63	12.79	12.95	13.11
84	11.76	11.94	12.10	12.27	12.43	12.60	12.79	12.95	13.11	13.27
85	11.90	12.07	12.24	12.41	12.58	12.75	12.92	13.01	13.27	13.43
86	12.04	12.27	12.38	12.53	12.73	12.90	13.07	13.27	13.43	13.59
87	12.18	12.35	12.52	12.66	12.87	13.05	13.22	13.43	13.59	13.74
88	12.32	12.50	12.66	12.84	13.02	13.20	13.37	13.59	13.74	13.90
89	12.46	12.64	12.81	13.00	13.17	13.35	13.52	13.74	13.90	14.06
90	12.60	12.78	12.96	13·14	13.32	13.50	13.68	13.86	14.04	14.22
91	12.74	12.92	13.10	13.28	13.46	13.65	13.83	14.01	14.19	14.38
92	12.89	13.06	13.25	13.43	13.61	13.80	13.98	14.16	14 34	14.53
93	13.04	13.20	13.39	13.57	13.76	13.95	14.13	14.32	14.50	14.69
94	13.17	13.35	13.53	13.72	13.88	14.10	14.28	14.47	14.66	14.85
95	13.30	13.49	13.68	13.87	14.00	14.25	14.44	14.63	14.82	15.01

Degrés de pureté	16	16.2	16.4	16.6	16.8	17	17.2	17.4	17.6	17.8	18
74	11.84	11.99	12.13	12.28	12.43	12.58	12.73	12.87	13.02	13.17	13.32
75	12.00	12.15	12.30	12.45	12.60	12.75	12.90	13.05	13.20	13.35	13.50
76	12.16	12.31	12.46	12.61	12.76	12.91	13.07	13.22	13.37	13.53	13.68
77	12.32	12.47	12.62	12.77	12.93	13.08	13.24	13.39	13.54	13.71	13.86
78	12.48	12.63	12.72	12.94	13.10	13.25	13.41	13.56	13.71	13.89	14.04
79	12.64	12.80	12.95	13.11	13.27	13.42	13.68	13.74	13.89	14.06	14.22
80	12.80	12.96	13.12	13.28	13.44	13.60	13.76	13.92	14.08	14.24	14.40
81	12.96	13.12	13.28	13.44	13.60	13.77	13.93	14.09	14.25	14.42	14.58
82	13.12	13.28	13.44	13.60	13.77	13.94	14.10	14.27	14.42	14.60	14.76
83	13.28	13.44	13.60	13.77	13.94	14.11	14.27	14.44	14.59	14.78	14.94
84	13.44	13.61	13.76	13.94	14.11	14.28	14.44	14.62	14.78	14.96	15.12
85	13.60	13.77	13.92	14.11	14.28	14.45	14.62	14.79	14.96	15.13	15.30
86	13.76	13.93	14.08	14.27	14.44	14.62	14.79	14.96	15.13	15.31	15.48
87	13.92	14.09	14.25	14.43	14.61	14.79	14.96	15.14	15.30	15.49	15.66
88	14.08	14.25	14.42	14.60	14.78	14.96	15.13	15.31	15.48	15.67	15.84
89	14.24	14.42	14.59	14.77	14.95	15.13	15.30	15.48	15.65	15.84	16.02
90	14.40	14.58	14.76	14.94	15.12	15.30	15.48	15.66	15.84	16.02	15.20
91	14.56	14.74	14.92	15.10	15.28	15.47	15.65	15.83	16.01	16.20	16.38
92	14.72	14.90	15.08	15.26	15.45	15.64	15.82	16.00	16.19	16.38	16.56
93	14.88	15.06	15.25	15.43	15.62	15.81	15.99	16.17	16.37	16.56	16.74
94	15.04	15.23	15.42	15.60	15.79	15.98	16.16	16.34	16.54	16.74	16.92
95	15.20	15.39	15.58	15.77	15.96	16.15	16.34	16.53	16.72	16.91	17.10

(68) *Saccharimétrie chimique.*

Table donnant les proportions de sucre cristallisable, de sucre interverti et d'amidon contenus dans 100 cc. de liqueur sucrée suivant la quantité de cette liqueur sucrée employée pour décolorer 10cc. de liqueur Violette au titre de 1 cc. = 0 gr. 005 de saccharose.

Nombre de cent. cub. de liqueur sucrée employés.	Saccharose °/° cc.	Glucose ou sucre interverti °/° cc.	Amidon ou fécule °/° cc.	Nombre de cent. cub. de liqueur sucrée employés.	Saccharose °/° cc.	Glucose ou sucre interverti °/° cc.	Amidon ou fécule °/° cc.
0.1	50	52.631	47.368	1	5.	5.263	4.736
0.2	25	26.316	23.684	2	2.50	2.631	2.368
0.3	16.60	17.542	15.789	3	1.66	1.754	1.579
0.4	12.50	13.158	11.842	4	1.25	1.315	1.184
0.5	10.00	10.526	9.473	5	1.00	1.052	0.947
0.6	8.33	8.772	7.894	6	0.833	0.877	0.789
0.7	7.14	7.518	6.767	7	0.714	0.751	0.677
0.8	6.25	6.579	5.921	8	0.625	0.657	0.592
0.9	5.55	5.848	5.263	9	0.555	0.584	0.526
6.	0.833	0.877	0.789	8	0.625	0.658	0.592
6.1	0.820	0.863	0.776	8.1	0.617	0.650	0.584
6.2	0.806	0.849	0.764	8.2	0.610	0.642	0.577
6.3	0.794	0.835	0.752	8.3	0.602	0.634	0.570
6.4	0.781	0.822	0.740	8.4	0.595	0.626	0.563
6.5	0.769	0.810	0.728	8.5	0.588	0.619	0.556
6.6	0.757	0.797	0.717	8.6	0.581	0.612	0.550
6.7	0.746	0.785	0.706	8.7	0.575	0.605	0.544
6.8	0.735	0.774	0.696	8.8	0.568	0.598	0.538
6.9	0.725	0.763	0.686	8.9	0.562	0.591	0.532
7.	0.714	0.752	0.676	9.	0.555	0.584	0.526
7.1	0.704	0.741	0.666	9.1	0.549	0.578	0.520
7.2	0.694	0.731	0.657	9.2	0.543	0.572	0.514
7.3	0.685	0.721	0.648	9.3	0.538	0.566	0.509
7.4	0.676	0.711	0.640	9.4	0.532	0.560	0.504
7.5	0.667	0.702	0.631	9.5	0.526	0.554	0.498
7.6	0.658	0.692	0.623	9.6	0.521	0.548	0.493
7.7	0.649	0.683	0.616	9.7	0.515	0.542	0.488
7.8	0.641	0.675	0.608	9.8	0.510	0.537	0.483
7.9	0.633	0.666	0.600	9.9	0.505	0.532	0.478

Nombre de cent. cub. de liqueur sucrée employés.	Saccharose °/₀ cc.	Glucose ou sucre interverti °/₀ cc.	Amidon ou fécule °/₀ cc.
10.	0.500	0.526	0.473
10.1	0.495	0.521	0.469
10.2	0.490	0.516	0.464
10.3	0.485	0.511	0.460
10.4	0.481	0.506	0.455
10.5	0.476	0.501	0.451
10.6	0.472	0.496	0.447
10.7	0.467	0.492	0.443
10.8	0.463	0.487	0.438
10.9	0.459	0.483	0.534
11.	0.454	0.478	0.430
11.1	0.450	0.474	0.427
11.2	0.446	0.470	0.423
11.3	0.442	0.466	0.419
11.4	0.439	0.462	0.416
11.5	0.435	0.458	0.412
11.6	0.431	0.454	0.408
11.7	0.427	0.450	0.405
11.8	0.424	0.446	0.401
11.9	0.420	0.442	0.398
12.	0.417	0.438	0.394
12.1	0.413	0.435	0.391
12.2	0.410	0.431	0.388
12.3	0.406	0.428	0.384
12.4	0.403	0.424	0.382
12.5	0.400	0.421	0.379
12.6	0.397	0.418	0.378
12.7	0.394	0.414	0.376
12.8	0.391	0.411	0.370
12.9	0.388	0.408	0.368
13.	0.385	0.405	0.364
13.1	0.382	0.402	0.361
13.2	0.379	0.399	0.358
13.3	0.376	0.396	0.355
13.4	0.373	0.393	0.353
13.5	0.370	0.390	0.350
13.6	0.368	0.387	0.348
13.7	0.365	0.384	0.345
13.8	0.362	0.381	0.343
13.9	0.360	0.379	0.340
14.	0.357	0.376	0.338
14.1	0.355	0.373	0.335
14.2	0.352	0.371	0.333
14.3	0.350	0.368	0.330
14.4	0.347	0.365	0.328
14.5	0.345	0.363	0.326
14.6	0.342	0.360	0.324
14.7	0.340	0.358	0.322
14.8	0.338	0.356	0.320
14.9	0.335	0.353	0.317
15.	0.333	0.351	0.315
15.1	0.331	0.348	0.313
15.2	0.329	0.346	0.311
15.3	0.327	0.344	0.310
15.4	0.325	0.342	0.308
15.5	0.322	0.339	0.306
15.6	0.320	0.337	0.304
15.7	0.318	0.335	0.302
15.8	0.316	0.333	0.300
15.9	0.314	0.331	
16.	0.312	0.329	0.296
16.1	0.310	0.327	0.294
16.2	0.309	0.325	0.292
16.3	0.307	0.323	0.290
16.4	0.305	0.321	0.288
16.5	0.303	0.319	0.286
16.6	0.301	0.317	0.285
16.7	0.299	0.315	0.283
16.8	0.298	0.313	0.281
16.9	0.296	0.311	0.280

Nombre de cent. cub. de liqueur sucrée employés.	Saccharose °/. cc.	Glucose ou sucre interverti °/. cc.	Amidon ou fécule °/. cc.
17.	0.294	0.309	0.278
17.1	0.292	0.308	0.276
17.2	0.291	0.306	0.275
17.3	0.289	0.304	0.273
17.4	0.287	0.302	0.272
17.5	0.286	0.301	0.270
17.6	0.284	0.299	0.269
17.7	0.282	0.297	0.267
17.8	0.281	0.296	0.266
17.9	0.279	0.294	0.264
18.	0.278	0.292	0.263
18.1	0.276	0.291	0.261
18.2	0.275	0.289	0.260
18.3	0.273	0.288	0.259
18.4	0.272	0.286	0.257
18.5	0.270	0.284	0.255
18.6	0.269	0.283	0.254
18.7	0.267	0.281	0.252
18.8	0.266	0.280	0.251
18.9	0.264	0.278	0.249
19.	0.263	0.277	0.247
19.1	0.262	0.275	0.246
19.2	0.260	0.274	0.246
19.3	0.259	0.273	0.245
19.4	0.258	0.271	0.244
19.5	0.256	0.270	0.242
19.6	0.255	0.268	0.241
19.7	0.254	0.267	0.240
19.8	0.252	9.266	0.239
19.9	0.251	0.264	5.237

Observations. — Quand la liqueur sucrée est trop pauvre, comme les eaux de vidange des diffuseurs, au lieu de prendre 10 cc. de liqueur Violette, on n'en prend que 5 cc et les chiffres de la table ci-dessus sont alors divisés par 2, ou bien on double le nombre de cc. de liqueur sucrée employée.

Si, au contraire, la liqueur sucrée est trop riche, on l'étend d'eau : avec 100 cc. par exemple, on fait 200 cc — 500 cc. ou 1000 cc. et les résultats de la table sont multipliés par 2 ou par 5 ou par 10.

La richesse de la liqueur sucrée doit être telle qu'il faille en employer environ 10 à 15 cc. pour décolorer 10 ou 5 cc. de liqueur cuprique.

(69) *Table d'Allih'n pour la détermination du sucre cristallisable et du sucre interverti, en milligrammes.*

Remarque sur la table. — Pour procéder à une analyse d'incristallisable, on fait bouillir la liqueur sucrée avec un excès de la liqueur cupro-potassique de Fehling. Le précipité de sous-oxyde de cuivre obtenu (Cu^2O) est lavé rapidement à l'eau bouillante, calciné dans une capsule avec addition d'acide nitrique pour le transformer en oxyde noir CuO, puis pesé. Le poids de l'oxyde multiplié par 0.7985 donne la quantité de cuivre métallique précipité par le sucre réducteur, et la table donne en milligrammes la quantité de sucre réducteur correspondant à des poids déterminés de cuivre.

La seconde colonne de la table donne le poids en milligrammes de sucre cristallisable correspondant à des poids déterminés de cuivre métallique.

Cuivre milligram.	Incrist. milligram.	Cristall. milligram.	Cuivre milligram.	Incrist. milligram.	Cristall. milligram.	Cuivre milligram.	Incrist. milligram.	Cristall. milligram.
10	6.1	5.8	40	20.9	19.9	70	35.8	34.0
11	6.6	6.3	41	21.4	20.4	71	36.3	34.5
12	7.1	6.7	42	21.9	20.8	72	36.8	35.0
13	7.6	7.2	43	22.4	21.3	73	37.3	35.4
14	8.1	7.7	44	22.9	21.8	74	37.8	35.9
15	8.6	8.2	45	23.4	22.3	75	38.3	36.4
16	9	8.6	46	23.9	22.7	76	38.8	36.9
17	9.5	9.0	47	24.4	23.2	77	39.3	37.3
18	10.0	9.5	48	24.9	23.7	78	39.8	37.8
19	10.5	10.0	49	25.4	24.1	79	40.3	38.3
20	11.0	10.5	50	25.9	24.6	80	40.8	38.8
21	11.5	10.9	51	26.4	25.1	81	41.3	39.3
22	12.0	11.4	52	26.9	25.5	82	41.8	39.8
23	12.5	11.9	53	27.4	26.0	83	42.3	40.3
24	13.0	12.4	54	27.9	26.5	84	42.8	40.8
25	13.5	12.8	55	28.4	27.0	85	43.4	41.3
26	14.0	13.3	56	28.8	27.4	86	43.9	41.8
27	14.5	13.8	57	29.3	27.9	87	44.4	42.3
28	15.0	14.3	58	29.8	28.4	88	44.9	42.8
29	15.5	14.7	59	30.3	28.8	89	45.4	43.4
30	16.0	15.2	60	30.8	29.3	90	45.9	43.6
31	16.5	15.7	61	31.3	29.8	91	46.4	44.0
32	17.0	16.1	62	31.8	30.2	92	46.9	44.6
33	17.5	16.6	63	32.3	30.7	93	47.4	45.0
34	18.0	17.1	64	32.8	31.2	94	47.9	45.5
35	18.5	17.6	65	33.3	31.7	95	48.4	46
36	18.9	18.0	66	33.8	32.1	96	48.9	46.5
37	19.4	18.5	67	34.3	32.6	97	49.4	47.0
38	19.9	19.0	68	34.8	33.1	98	49.9	47.4
39	20.4	19.4	69	35.3	33.5	99	50.4	47.9

Cuivre milligram.	Incrist. milligram.	Cristall. milligram.	Cuivre milligram.	Incrist. milligram.	Cristall. milligram.	Cuivre milligram.	Incrist. milligram.	Cristall. milligram.
100	50.9	48.4	146	74.4	70.7	192	98.4	93.4
101	51.4	48.9	147	74.9	71.2	193	98.9	93.9
102	51.9	49.4	148	75.5	71.7	194	99.4	94.4
103	52.4	49.8	149	76	72.2	195	100.0	95
104	52.9	50.3	150	76.5	72.7	196	100.5	95.5
105	53.5	50.8	151	77	73.2	197	101	96
106	54	51.3	152	77.5	73.7	198	101.5	96.5
107	54.5	51.8	153	78.1	74.2	199	102	97
108	55	52.2	154	78.6	74.7	200	102.6	97.5
109	55.5	52.7	155	79.1	75.2	201	103.1	98
110	56	53.2	156	79.6	75.6	202	103.7	98.5
111	56.5	53.7	157	80.1	76.1	203	104.2	99
112	57	54.2	158	80.7	76.6	204	104.7	99.5
113	57.5	54.6	159	81.2	77.1	205	105.3	100
114	58	55.1	160	81.7	77.6	206	105.8	0.5
115	58.6	55.6	161	82.2	78.1	207	106.3	1.0
116	59.1	56.1	162	82.7	78.6	208	106.8	1.5
117	59.6	56.6	163	83.3	79.1	209	107.4	2
118	60.1	57	164	83.8	79.6	210	107.9	2.5
119	60.6	57.5	165	84.3	80.1	211	108.4	3.0
120	61.1	58	166	84.8	80.6	212	109.0	3.5
121	61.6	58.5	167	85.3	81.1	213	109.5	4
122	62.1	59.0	168	85.9	81.6	214	110	4.5
123	62.6	59.5	169	86.4	82.1	215	110.6	5
124	63.1	60	170	86.9	82.6	216	1.1	5.5
125	63.7	60.5	171	87.4	83.1	217	1.6	6
126	64.2	60.9	172	87.9	83.6	218	2.1	6.5
127	64.7	61.4	173	88.5	84.1	219	2.7	7
128	65.2	61.9	174	89.0	84.6	220	3.2	7.5
129	65.7	62.4	175	89.5	85.1	221	3.7	8
130	66.2	62.9	176	90.0	85.5	222	4.3	8.5
131	66.7	63.4	177	90.5	86	223	4.8	9
132	67.2	63.9	178	91.1	86.5	224	5.3	9.4
133	67.7	64.3	179	91.6	87	225	5.9	110.1
134	68.2	64.8	180	92.1	87.5	226	6.4	0.6
135	68.8	65.3	181	92.6	88	227	6.9	1.1
136	69.3	65.8	182	93.1	88.5	228	7.4	1.6
137	69.8	66.3	183	93.7	89	229	8.0	2.1
138	70.3	66.7	184	94.2	89.5	230	8.5	2.6
139	70.8	67.2	185	94.7	90	231	9.0	3.1
140	71.3	67.7	186	95.2	90.4	232	9.6	3.6
141	71.8	68.2	187	95.7	90.9	233	120.1	4.1
142	72.3	68.7	188	96.3	91.4	234	0.7	4.6
143	72.9	69.2	189	96.8	91.9	235	1.2	5.2
144	73.4	69.7	190	97.3	92.4	236	1.7	5.7
145	73.3	70.2	191	97.8	92.9	237	2.3	6.2

Cuivre milligram.	Incrist. milligram.	Cristall. milligram.	Cuivre milligram.	Incrist milligram.	Cristall. milligram.	Cuivre milligram.	Incrist. milligram.	Cristall. milligram.
238	122.8	116.7	284	147.7	140.3	330	173.1	4.4
239	3.4	7.2	285	8.3	0.9	331	3.7	4.9
240	3.9	7.7	286	8.8	1.4	332	4.2	5.5
241	4.4	8.2	287	9.4	1.9	333	4.8	6
242	5.0	8.7	288	9.9	2.4	334	5.3	6.6
243	5.5	9.2	289	150.5	3	335	5.9	7.1
244	6.0	9.7	290	1.0	3.5	336	6.5	7.6
245	6.6	120.2	291	1.6	4	337	7.0	8.2
246	7.1	0.7	292	2.1	4.5	338	7.6	8.7
247	7.6	1.2	293	2.7	5.1	339	8.1	9.3
248	8.1	1.7	294	3.2	5.6	340	8.7	9.8
249	8.7	2.2	295	3.8	6.1	341	9.3	170.3
250	9.2	2.7	296	4.3	6.6	342	9.8	0.9
251	9.7	3.2	297	4.9	7.1	343	180.4	1.4
252	130.3	3.7	298	5.4	7.7	344	0.9	1.9
253	0.8	4.3	299	6.0	8.2	345	1.5	2.5
254	1.4	4.8	300	6.5	8.7	346	2.1	3
255	1.9	5.3	301	7.1	9.2	347	2.6	3.5
256	2.4	5.8	302	7.6	9.7	348	3.2	4
257	3.0	6.3	303	8.2	150.3	349	3.7	4.6
258	3.5	6.9	304	8.7	0.8	350	4.3	5.1
259	4.1	7.4	305	9.3	1.3	351	4.9	175.6
260	4.6	7.9	306	9.8	1.8	352	5.4	6.2
261	5.1	8.4	307	160.4	2.3	353	6.0	6.7
262	5.7	8.9	308	0.9	2.9	354	6.6	7.3
263	6.2	9.4	309	1.5	3.4	355	7.2	7.8
264	6.8	9.9	310	2.0	3.9	356	7.7	8.3
265	7.3	130.5	311	2.6	4.4	357	8.3	8.9
266	7.8	1.0	312	3.1	4.9	358	8.9	9.4
267	8.4	1.5	313	3.7	5.5	359	9.4	180
268	8.9	2.0	314	4.2	6	360	190.0	0.5
269	9.5	2.5	315	4.8	6.5	361	0.6	1
270	140.0	3.0	316	5.3	7	362	1.1	1.6
271	0.6	3.5	317	5.9	7.5	363	1.7	2.1
272	1.1	4.0	318	6.4	8.1	364	2.3	2.7
273	1.7	4.6	319	7.0	8.6	365	2.9	3.2
274	2.2	5.1	320	7.5	9.1	366	3.4	3.7
275	2.8	5.6	321	8.1	9.6	367	4.0	4.3
276	3.3	6.1	322	8.6	160.2	368	4.6	4.8
277	3.9	6.6	323	9.2	0.7	369	5.1	5.4
278	4.4	7.2	324	9.7	1.2	370	5.7	5.9
279	5.0	7.7	325	170.3	1.8	371	6.3	6.4
280	5.5	8.2	326	0.9	2.3	372	6.8	7
281	6.1	8.7	327	1.4	2.8	373	7.4	7.5
282	6.6	9.3	328	2.0	3.3	374	8.0	8.1
283	7.2	9.8	329	2.5	3.9	375	8.6	8.6

Cuivre milligram.	Incrist. milligram.	Cristall. milligram.	Cuivre milligram.	Incrist. milligram.	Cristall. milligram.	Cuivre milligram.	Incrist. milligram.	Cristall. milligram.
376	149.1	189.1	401	213.5	202.9	426	228.0	216.7
377	9.7	9.7	402	4.1	3.4	427	8.6	7.2
378	200.3	190.2	403	4.6	4	428	9.2	7.8
379	0.8	0.8	404	5.2	4.5	429	9.8	8.3
380	1.4	1.3	405	5.8	5.1	430	230.4	8.9
381	2.0	1.8	406	6.4	5.6	431	1.0	9.5
382	2.5	2.4	407	7.0	6.2	432	1.6	220.0
383	3.1	2.9	408	7.5	6.7	433	2.2	0.6
384	3.7	3.5	409	8.1	7.3	434	2.8	1.1
385	4.3	4	410	8.7	7.8	435	3.4	1.7
386	4.8	4.5	411	9.3	8.4	436	3.9	2.3
387	5.4	5.1	412	9.9	8.9	437	4.5	2.8
388	6.0	5.6	413	220.4	9.5	438	5.1	3.4
389	6.5	6.2	414	1.0	210	439	5.7	3.9
390	7.1	6.7	415	1.6	0.6	440	6.3	4.5
391	7.7	7.3	416	2.2	1.1	441	6.9	5.1
392	8.3	7.8	417	2.8	1.7	442	7.5	5.6
393	8.8	8.4	418	3.3	2.2	443	8.1	6.2
394	9.4	8.9	419	3.9	2.8	444	8.9	6.7
395	210.0	9.5	420	4.5	3.3	445	9.3	7.3
396	0.6	200.1	421	5.1	3.9	446	9.8	7.9
397	1.2	0.6	422	5.7	4.4	447	240.4	8.4
398	1.7	1.2	423	6.3	5	448	1.0	9
399	2.3	1.7	424	6.9	5.5	449	1.6	9.5
400	2.9	2.3	425	7.5	6.1	450	2.2	220.1

(70) ***Table de Meissl pour le dosage du sucre interverti (à l'aide de la liqueur cuivrique de Fehling) en présence du cristallisable.***

Explication. — Par une série d'expériences, Meissl a montré que la réduction du cuivre par le sucre interverti est variable en présence du cristallisable, selon la proportion respective des deux sucres, et qu'il faut tenir compte de cette variation en déterminant l'interverti par les méthodes des pesées, d'après Maerker, Behrend, Morgen et Allih'n.

Pour éviter les erreurs, Meissl a proposé de faire le dosage de telle façon que la quantité de cuivre obtenu (par combustion dans un courant d'hydrogène) ne varie qu'entre 200 et 400 milligrammes, c'est-à-dire qu'on emploie pour 50 cc. de la liqueur cuivrique, une quantité de solution sucrée contenant 100 à 200 milligrammes de sucre interverti. Dans ce cas, dit Meissl, les résultats obtenus sont très précis. On pèse le cuivre obtenu et l'on calcule le sucre interverti par la formule suivante : $S = \frac{Cu}{p} \times F$ dans laquelle Cu = la quantité de cuivre ; p = poids de la matière soumise à l'analyse et F = la proportion variable entre le sucre interverti et le cuivre. La valeur de cette proportion variable F dépend, comme nous l'avons dit, de la présence du cristallisable et on le trouvera dans la table suivante.

$$I = \frac{Cu}{p} \times F$$

Proportion entre le cristallisable et l'interverti.	Sucre interverti en milligrammes.								
	245	225	200	175	150	125	100	75	50
C. : I	F	F	F	F	F	F	F	F	F
90 : 10	56.2	55.1	54.1	53.6	53.1	52.6	52.1	51.6	51.2
91 : 9	56.2	55.1	54.1	53.6	52.6	52.1	51.6	51.2	50.7
92 : 8	56.2	54.6	53.6	53.1	52.1	51.6	51.2	50.7	50.3
93 : 7	55.7	54.1	53.6	53.1	52.1	51.2	50.7	50.3	49.3
94 : 6	55.7	54.1	53.1	52.6	51.6	50.7	50.3	49.8	48.9
95 : 5	55.7	53.6	52.6	52.1	51.2	50.3	49.8	48.9	48.5
96 : 4	»	»	52.1	51.2	50.7	49.8	48.9	47.7	46.9
97 : 3	»	»	50.7	50.3	49.8	48.9	47.7	46.2	45.1
48 : 2	»	»	49.9	48.9	48.5	47.3	45.1	43.2	40.0
99 : 1	»	»	47.7	47.3	46.5	45.4	43.3	41.2	38.1
0 : 100 interverti.	245	225	200	175	150	125	100	75	50
Cuivre en milligrammes	428.2	400.1	360.3	318.9	276.8	233.2	188.9	142.9	60.9

Remarque. — **Pour trouver la proportion entre le cristallisable et l'interverti on admettra que $\frac{Cu}{2}$ est environ égal à l'interverti. C'est toujours assez précis.**

(71) *Table schématique de la composition de la betterave, par* C. Scheibler.

	84.5 à 79 P.C. d'eau.		De l'eau.			
			Du sucre $C^{12}H^{22}O^{11}$. ($C^{12}H^{11}O^{11}$)			
15.5 à 21.0 pour cent. de matières sèches de la betterave.	11.5 à 17.0 P.C. de matières solubles dans l'eau.	Jus.	Du non Sucre.	Des cendres	De sels incombustibles.	Potassium, sodium, rubidium, calcium, magnésium, fer et manganèse en combinaison avec le chlore, acides sulfurique, phosphorique, silicique et nitrique.
					De sels transformés (par la combustion) en carbonates	Mêmes métaux en combinaison avec des acides oxalique, citrique, malique, succinique, etc.,
				Des matières azotées.		Protéïques (albumine etc.) Plasmatiques. Asparagine $C^4H^8Az^2O^3$ et divers amides. Bétaïne, $C^5H^{11}AzO^3 + H^2O$.
				Des matières non-azotées.		Arabinose $C^{12}H^{22}O^{11}$. Dextrane $C^{12}H^{10}O^{10}$. Matières pectiques solubles. Chlorophyle. Chromogène. Graisses, etc.
	4.0 à 5.0 P. C. de matières insolubles dans l'eau.		Cellulosiques, pectiques et matières colorées.			

Matières sèches du jus des betteraves.

(*) V. Revue des progrès de la chimie industrielle sur l'exposition viennoise en 1873, par Hoffman, Brunswick 1876. III, partie I, 2.

(72) *Tableau indiquant les éléments enlevés au sol et par conséquent à lui restituer pour une récolte de 40,000 kil. de betteraves et 16,000 kil. de feuilles et collets, à l'hectare, pour une betterave contenant environ 11 0/0 de sucre. d'après* (VIVIEN).

Nature des éléments.	Éléments enlevés par les		Poids totaux représentant la récolte entière.
	Betteraves.	Feuilles et collets.	
Potasse	122 k. 00	185 k. 12	297 k. 12
Acide phosphorique	24 40	48 16	82 56
Soude	34 00	48 00	62 00
Chaux	19 20	56 00	75 20
Magnésie	7 20	44 80	52 00
Chlore	33 60	59 52	93 12
Acide sulfurique	10 00	28 80	38 80
Silicates, silice, etc	51 20	38 40	89 60
Azote	110 00	62 40	172 40
Sucre	4.400 00	428 80	4.828 80
Matières organiques	1.814 00	1.206 40	3.020 40
Eau	33.374 40	13.793 60	47.168 00
Totaux	40.000 k. 00	16.000 k. 00	56.000 k. 00

(73) *La betterave contient en moyenne °/₀ de sucre.*

	Dans la racine.	Dans la feuille.	Total.	Observations.
Matières solubles	0.650	1.154	1.804	variables.
Acide carbonique	0.740	1.295	2.035	»
Acide sulfurique	0.360	0.655	1.015	»
Acide phosphorique	0.920	0.238	1.158	fixe.
Chlore	0.160	0.327	0.487	»
Chaux	0.500	1.313	1.813	peu variable.
Magnésie	0.560	0.886	1.446	»
Potasse	1.990	1.195	3.185	variable.
Soude	0.800	2.675	3.475	»
Matières minérales totales	6.680	9.738	16.418	

(74) *Propriétés des*

Sucres.	États.	Eeau de cristallisation	Perte d'eau.
		I. — *Sucres-alcools* $C^6H^{14}O^6$ —	
Mannite		prismes droits soyeux.	
Dulcite		prism. obl.	
Sorbite		1/2 aq.	
		II. — *Sucres de la formule*	
1° Fermentant directement en présence de la levure de la bière ; ils sont ra			
Glucose ou dextose ou sucre de fécule	crist. aglomérés.	1 aq.	aq à 90°
Lévulose ou sucre de fruits	presque incrist.		
Mannitose			
Galactose *a* du sucre de lait			
Galactose *b*			
Sucre interverti		Mélange de glucose et de	
Sorbine	cristaux durs.		
		(2°) *Ne réduisant pas la li*	
Inosine	cristaux effl.	2 aq.	
Inosite	crist. aiguillés.	2 aq.	2 aq. à 100°
Dambose			
	III. — *Sucres de la formule.* $C^{12}H^{22}O^{11}$ —		
Saccharose ou sucre de canne	cristaux durs.		
Lactose	»	1 aq.	aq. à 140°
Maltose		1 aq.	aq. à 100°
Saccharine	prismes droits.		
Mélitose	crist. aiguillés.		
Mélézitose	cristaux durs.		
Tréhalose ou mycose	»	2 aq.	
		IV. — *Matières amylacées.*	
Amidon	poudre blanche.		
Fécule	»		
Dextrine	»		
Inuline			
Gomme arabique	vitreuse.	1/2 aq.	1/2 aq. à 120.

Raffinose $C^6H^{14}O^7$ *Loiseau.* $C^{12}H^{22}O^{11}$ +

divers sucres.

Solubilité dans 100 parties — Eau.	Solubilité dans 100 parties — Alcool.	Point de fusion.	Pouvoir rotatoire.	Réactions particulières.
$(C^{12}H^{14}O^{12})$. *Alcools hexatomiques.*				
16. ts. b.	o. s. b.	160 à 165°	(a)j=—0°15	Légèrement sucrée.
4. ts. b.	insoluble.	182	0°	Peu sucrée.
s.	s.	110	0°	
$C^{6}H^{12}O^{6}$ — $(C^{12}H^{12}O^{12}.)$ *Glucoses.*				
pidement altérés par les alcalis ; ils réduisent la liqueur cupro-potassique.				
81. ts. b.	2. 20 b.	80°	+ 57°6	Sucre trois fois moins que le sucre de canne.
ts.	p. s.		— 106° à 14° et — 53° à 90°	
				Donne *dulcite* p. amalgame de sodium.
lévulose à équivalents égaux.			— 27°	Donne *mannite* p. amalgame de sodium.
200	p. s. b.		— 46°9	Ne fermente pas.
queur cupro-tartrique.				
p. s.	p. s.			
15. ts. b.	insol.	210	0°	
ts.	insol.	212		
$(C^{12}H^{11}O^{11})$ — $(C^{24}H^{22}O^{22}.)$ *Saccharoses.*				
300 ts. b.	ins. 2 b.	160°	+ 73°8	Non direct. fermentescible
20. 40 b.	ins.		+ 59°3	réduit liq. Fehling.
ts.	soluble.			Saveur amère; ne fermente pas.
ts.			+ 93°5	Ne réduit pas liq. cuivrique.
s.			+ 102°	Fermentescible ; ne réduit pas liq. cuivrique
ts.	p. s. b.	+ 140°	+ 94°1	
ts.	s. 6. p.s. froid		+ 220°	
$(C^{12}H^{10}O^{10})$ $(C^{36}H^{30}O^{30})$ — $(C^{18}H^{30}O^{15}.)$				
insol.	insol.			Bleuit par l'iode.
»	»			»
tr. s.	insol.		+ 138°7	Devient rouge fauve par l'iode.
sol. b.			— 36°56	Ne bleuit pas par l'iode.
s.	insol.		+ 117°3	Précipite par sous-acétate plomb.

3 H^2O *Tollens*; *pouvoir rotatoire* + 117°3.

Classification des sucres.

GROUPE I.

Mannites, $C^{12}H^{14}O^{12}$ — $C^6H^{14}O^6$ ou $C^{12}H^{12}O^{10}$ — $C^6H^{12}O^5$. Ces sucres renferment un excès d'hydrogène sur l'oxygène par rapport aux proportions de l'eau.

Mannite $C^6H^{14}O^6$. — Sucre de manne, alcool hexatomique. Se trouve dans la racine du grenadier, dans l'écorce de certains frênes, dans les feuilles de l'olivier, dans le céleri rave, dans la racine de chiendent. Prend naissance dans les fermentations visqueuses, par hydrogénation. — Saveur légèrement sucrée. Cristallise en prismes rhomboïdaux droits. Soluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool; sans action sur la lumière polarisée ni sur la liqueur cuivrique. Fermentescible avec production d'alcool et dégagement d'hydrogène et d'acide carbonique suivant l'équation $C^6H^{14}O^6 = 2\ (C^2H^6O) + 2\ CO^2 + 2\ H$.

Dulcite. — Isomère de la mannite. Se rencontre dans le mélampyre des bois et le fusain. Cristallise en prismes rhomboïdaux obliques. Légère saveur sucrée. Sans pouvoir rotatoire. Soluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool.

Isodulcite $C^6H^{14}O^6 + H^2O$. — Est extraite de la quercitrine. Cristallise, est soluble dans l'eau, saveur sucrée, réduit la liqueur de Fehling comme le glucose. Pouvoir rotatoire $\alpha D = 8°,1$ à $9°4$.

Sorbite. — Voir le tableau précédent.

Pinite $C^6H^{12}O^5$. — Se rencontre dans le *pinus lambertiana*. Cristallise en mamelons hémisphériques. Densité. 1,52; saveur sucrée. Très soluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool, dextrogyre. Pouvoir rotatoire $\alpha j = 58°6$. Infermentescible. Ne réduit pas la liqueur de Fehling.

Quercite $C^6H^{12}O^5$. — Existe dans les glands de chêne. Cristallise en prismes rhomboïdaux obliques. Saveur faiblement sucrée. Soluble dans l'eau, presque insoluble dans l'alcool. Dextrogyre $\alpha D = 24°.27$. Infermentescible, ne réduit pas la liqueur de Fehling.

GROUPE II.

Glucoses, $C^{12}H^{12}O^{12}$ — $C^6H^{12}O^6$. — Sucres ayant six atomes de carbone, l'hydrogène et l'oxygène dans les proportions de l'eau et répondant tous à la formule ci-dessus.

Dextrose ou *glucose ordinaire, sucre de raisin, sucre de fécule.* — Se rencontre dans le jus de raisin et dans un grand nombre de

plantes où il est accompagné ordinairement de lévulose et de saccharose S'obtient industriellement par le traitement de l'amidon avec l'acide sulfurique étendu. Cristallise avec une molécule d'eau qu'il perd à 100°. Très soluble dans l'eau et l'alcool, insoluble dans l'éther sulfurique. Goût sucré = 1/3 de celui du sucre de canne. Dextrogyre $\alpha D = 53°$. Fermentescible. Réduit la liqueur de Fehling.

Lévulose, sucre de fruits. — Se trouve dans un grand nombre de fruits toujours accompagné de dextrose. Cristallise difficilement. Lévogyre $\alpha j = - 106°$, $\alpha D = 92°$ à 93°. Fermentescible. Réduit la liqueur cuivrique. Facilement soluble dans l'eau et l'alcool étendu. Insoluble dans l'alcool absolu et l'éther. Saveur sucrée plus prononcée que celle du dextrose.

Sucre interverti ou *incristallisable.* — Il est formé par le dextrose et le lévulose en parties égales. Se rencontre dans le miel et différents fruits. Est produit par l'action des acides étendus et de la levure sur le saccharose. Lévogyre $\alpha D = 26°,6$ à $+ 14°$ C. Le pouvoir rotatoire diminue avec la température et devient 0° à + 85° C.

Une solution de saccharose déviant de 100° à droite, dévie, après inversion, de 44° à gauche, suivant Clerget, et de 42°4 suivant les chimistes modernes. Très soluble dans l'eau et l'alcool.

Galactose ou *glucose lactique.* — Ressemble au dextrose ; s'obtient par l'action des acides sur la lactose. Cristallise facilement. Très soluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool. Dextrogyre. Son pouvoir rotatoire est variable avec les concentrations et les températures.

Eucaline $C^6H^{12}O^6 + H^2O$. — S'obtient par fermentation du mélitose. Ne cristallise pas. Saveur faiblement sucrée. Dextrogyre $\alpha j = 65°$. Infermentescible, mais réduit la liqueur cuivrique.

Sorbose. — Se rencontre dans les baies mûres de sorbier. Saveur faiblement sucrée, cristallise en prismes orthorhombiques. Très soluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool. Lévogyre, $\alpha j = 46°9$. Non fermentescible. Réduit la liqueur cuivrique.

Inosite $C^6H^{12}O^6 + H^2O$. — Se trouve dans la chair, le poumon, le rein, le foie, la rate, le pancréas, le cerveau des mammifères, dans certaines urines et dans la feuille de noyer, dans l'eau et l'alcool étendu ; insoluble dans l'éther et l'alcool absolu. Cristallise en prismes rhomboïdaux. Saveur sucrée. Infermentescible, pas de pouvoir rotatoire, ne réduit pas la liqueur cuivrique.

Dambose ou *sucre de caoutchouc.* — Extrait de la dambonite par Aimé Girard. Il est identique avec l'inosite.

GROUPE III.

Saccharoses $C^{12}H^{11}O^{11}$ — $C^{12}H^{22}O^{11}$ ou $C^{12}H^{11}O^{11} + HO$ — $C^{12}H^{22}O^{11} + H^{2}O$. Sucre ayant au moins douze atomes de carbone, l'oxygène et l'hydrogène étant en proportions de l'eau.

Saccharose ou *sucre de canne*, ou *sucre cristallisable*, ou simplement *sucre*, se trouve dans un grand nombre de plantes, notamment dans la canne à sucre, la betterave, le sorgho, l'érable, le palmier, la carotte, le melon, etc. Cristallise en cristaux clinorhombiques. Densité = 1.5893. Une partie d'eau dissout deux parties de sucre à la température ordinaire. Peu soluble dans l'alcool. Insoluble dans l'alcool absolu et l'éther. Dextrogyre, $\alpha D = 66°5$. Les acides étendus le transforment en *sucre inverti*, ou mélange de *dextrose* et de *lévulose*. Fermente après avoir été inverti. Forme des sucrates avec les bases : chaux, baryte, strontiane, etc.

Synanthrose ou *Lévuline* $C^{12}H^{22}O^{11}$, découvert par Popp dans les tubercules des *synanthérées* où il existe simultanément avec l'inuline et la glucose. Est sans action sur la lumière polarisée ; n'agit qu'après une longue ébullition sur la liqueur de Fehling ; n'est pas directement fermentescible, mais les acides le rendent fermentescible et le dédoublent en glucose et lévulose. La synanthrose invertie a pour pouvoir rotatoire $\alpha = -$ 54,09 qui est double de celui du sucre inverti.

Lactose ou *sucre de lait* $C^{12}H^{22}O^{11} + H^{2}O$ existe dans le lait des mammifères. Cristallise en prismes rhomboïdaux droits. Saveur faiblement sucrée. Dextrogyre, $\alpha D = 52°, 53$. Les acides étendus le transforment en galactose et en dextrose. Se dissout dans cinq à six fois son poids d'eau froide, dans deux à trois fois son poids d'eau bouillante. Insoluble dans l'alcool et l'éther, soluble dans l'acide acétique. Fermentescible. Réduit la liqueur cupro-potassique.

Maltose ou *sucre de bière* $C^{12}H^{22}O^{11} + H^{2}O$, se forme dans l'orge et les grains, par transformation de l'amidon, sous l'influence de la diastase. Cristallise en aiguilles très fines. Très soluble dans l'eau et l'alcool étendu. Dextrogyre. Réduit la liqueur de cuivre, mais moins que le dextrose. Fermentescible.

Mélézitose $C^{12}H^{22}O^{11} + H^{2}O$, extrait par Berthelot de la manne de Briançon, cristallise en petits prismes clinorhombiques. Saveur faiblement sucrée. Soluble dans l'eau, peu soluble dans l'alcool. Dextrogyre, $\alpha D = 88°, 85$. Peu fermentescible. Ne réduit pas la liqueur cupropotassique. Les acides le transforment en dextrose.

Tréhalose ou *mycose* $C^{12}H^{22}O^{11} + H^{2}O$, se rencontre dans le seigle ergoté, dans la *manne tréhala de Syrie*. Cristallise en octaèdres

rectangulaires. Saveur très sucrée. Soluble dans l'eau et l'alcool bouillant. Presque insoluble dans l'alcool froid. Dextrogyre, $\alpha D =$ 197° 28. Ne réduit pas la liqueur cuivrique.

Parasaccharose. $C^{12}H^{22}O^{11}$, se forme en abondance à l'air chaud dans une solution sucrée additionnée de phosphate d'ammoniaque ou de soude. Ce sucre est plus fortement dextrogyre ($\alpha = 107$) que le saccharose.

Cyclamose $C^{12}H^{22}O^{11}$, extrait du cyclamen européum. Lévogyre, $\alpha D = - 11° 40$. Après traitement par les acides, sa rotation est augmentée dans le même sens, $\alpha D = - 66° 54$.

GROUPE IV.

Raffinose $C^{18}H^{32}O^{16}$ pour le raffinose anhydre et $C^{18}H^{32}O^{16} + 5 H^2O$ pour le raffinose hydraté. Extrait par Loiseau des mélasses de raffinerie, et par Ritthausen, des tourteaux de graines de cotonnier. Se rencontre également dans les arrières sous-produits de l'extraction du sucre des mélasses par l'osmose ou les sucrates. Cristallise en aiguilles allongées. Très soluble dans l'eau et l'alcool méthylique peu soluble dans l'alcool éthylique absolu et froid, insoluble dans l'héter. Dextrogyre, $\alpha D = 105°$. Ne réduit pas la liqueur de cuivre. Par l'inversion, le pouvoir rotatoire de la raffinose devient $\alpha D = 53°$ et il diminue avec l'augmentation de la température; interverti, le raffinose réduit la liqueur cupropotassique : 1 cc. de liqueur Fehling est réduit par 0 gr. 0077 raffinose inverti. Très fermentescible avec a levure de *fermentation basse,* tandis qu'avec la levure de fermentation haute 1/3 de la raffinose seulement fermente.

Mélitose, extrait par Berthelot de la manne d'Australie. Cristallise en aiguilles très fines; est un composé de raffinose et d'eucalyne.

Arabinose $C^5H^{10}O^5$, extrait par Scheibler de l'acide métapectique et de la gomme arabique. Cristallise en beaux prismes solubles dans l'eau et insoluble dans l'alcool. Dextrogyre, $\alpha D = 105°$. Possède toutes les propriétés du dextrose, mais ne fermente pas.

Dextran $C^6H^{10}O^5$, extrait par Scheibler de la gomme ou *frai de grenouille* de la betterave. Ne cristallise pas; insoluble dans l'alcool, ne réduit pas la liqueur cuivrique; Dextrogyre $\alpha D = 200°$ d'après Scheibler et 223° d'après Bunge. Est transformé en dextrose par les acides.

Saccharine $C^6H^{10}O^5$. — A été obtenu par Péligot en traitant les glucoses par la chaux, filtrant et décomposant le sel de chaux par l'acide oxalique. Cristallise en prismes rhomboïdaux, soluble dans l'eau, inattaquable par les acides, sans action sur la liqueur cuivrique. La solution aqueuse possède un goût amer et salé. Dextrogyre $\alpha D = 93° 5$. N'est pas fermentescible.

Saccharine de Fahlberg, est une matière azotée et soufrée, dérivée de la benzine, qui a une saveur très sucrée, mais n'a aucune autre propriété des sucres. Sa formule est

$$C^6H<^{CO}_{SO}>AzH+H^2O\ldots C^{14}H^8AzS^2O^6$$

C'est un sulfinite benzoïque ou amide benzosulfônique.

GROUPE V.

Matières amylacées $C^6H^{10}O^5\ldots C^{12}H^{10}O^{10}$. Sucre ayant 6 atomes de carbone, l'hydrogène et l'oxygène existant dans les proportions de l'eau et répondant à la formule ci-dessus ou à un multiple.

Amidon, fécule $C^6H^{10}O^5$ se trouve à l'intérieur des cellules dans les organes les plus divers des végétaux. Cette matière est très abondante dans les graines de céréales (blé, orge, maïs, riz), des légumineuses (haricots, pois, fèves, lentilles), dans les tubercules de la pomme de terre, des patates, de l'arrow-root, dans les glands, les chataignes, les marrons, etc. On désigne plus spécialement sous le nom d'*amidon* la matière amylacée extraite des céréales, et sous celui de *fécule*, celle qu'on extrait des pommes de terre. Insoluble à froid dans l'eau, il devient soluble à une température élevée et se transforme en dextrine (160°). Traité par l'eau bouillante il donne l'empois. Il est dextrogyre; à l'état d'empois, son pouvoir rotatoire = 219.5.

L'iode colore l'amidon en bleu à froid, en formant de l'iodure d'amidon $C^{60}H^{50}O^{50}Io$.

Sous l'action des acides l'amidon se transforme en dextrine d'abord, puis en maltose et finalement en dextrose.

Dextrine $C^6H^{10}O^5$. Résulte de la transformation de l'amidon, ou de sa saccharification partielle par les acides.

On l'obtient en chauffant l'amidon à 210° ou bien en faisant arriver de la vapeur d'eau dans de l'eau acidulée par de l'acide sulfurique et tenant de l'amidon en suspension. On arrête l'opération quand la liqueur refroidie ne se colore plus en *bleu* par l'iode. Elle est solide, blanc-jaunâtre, soluble dans l'eau. Elle dévie fortement à droite le plan de la lumière polarisée ($\alpha = +138°7$. Elle donne avec l'iode une faible coloration rouge fauve. Soluble dans l'alcool faible, insoluble dans l'alcool concentré. Les acides la transforment en glucose ou dextrose. Elle n'est pas directement fermentescible, et réduit faiblement la liqueur de Fehling.

Inuline $C^6A^{10}O^5$. On l'extrait des topinambours, des tubercules de dahlia, des bulbes de colchique et des racines de l'*aunée* (*Inula helenium*). Elle est analogue à la fécule de pommes de terre, mais ne se colore pas en bleu par l'iode. Soluble dans l'eau bouillante.

Lévogyre ($\alpha = -36{,}56$). Les acides la transforment en lévulose. Ne fermente pas directement ; ne réduit pas la liqueur cuivrique.

Lichénine $C^{6}H^{10}O^{5}$ se rencontre dans plusieurs espèces de mousses, notamment dans celles d'Islande et dans certains lichens utilisés en Suède pour produire l'alcool. Insoluble dans l'eau froide, se gonfle dans l'eau tiède, se dissout dans l'eau bouillante. N'est pas directement fermentescible, mais le devient par l'action des acides.

Cellulose $C^{6}H^{10}O^{5}$ matière qui constitue les parois des jeunes cellules et les fibres des végétaux. Complètement insoluble dans l'eau. Se dissout dans le réactif de Sweitzer. L'acide sulfurique la transforme lentement en dextrine puis en glucose.

(76) *Matières organiques qui se trouvent dans la betterave, la canne à sucre ou dans les produits de la fabrication du sucre avec leurs* formules atomiques (WIECHMANN-SUGAR ANALYSIS).

ACIDES ORGANIQUES

Acide acétique $C^{2}H^{4}O^{2}$.	Acide mélanique $C^{12}H^{10}O^{4}$ (?).
— aconitique $C^{6}H^{6}O^{6}$.	— métapectique $C^{8}H^{10}O^{7}$.
— apoglucique $C^{18}H^{10}O^{9}$.	— oxalique $C^{2}H^{2}O^{4}$.
— aspartique $C^{4}H^{7}AzO^{4}$.	— oxycitrique $C^{6}H^{8}O^{8}$.
— butyrique $C^{4}H^{8}O^{2}$.	— parapectique $C^{24}H^{30}O^{21}$.
— citrique $C^{6}H^{8}O^{7}$.	— pectique $C^{16}H^{18}O^{13}$.
— formique $CH^{2}O^{2}$.	— propionique $C^{3}H^{6}O^{2}$.
— glucique $C^{12}H^{18}O^{9}$.	— succinique $C^{4}H^{6}O^{4}$.
— glutamique $C^{5}H^{9}AzO^{4}$.	— tàrtrique $C^{4}H^{6}O^{6}$.
— lactique $C^{3}H^{6}O^{3}$.	— tricarballylique $C^{6}H^{8}O^{6}$.
— malique $C^{4}H^{6}O^{5}$.	— ulmique $C^{24}H^{18}O^{9}$.
— malonique $C^{3}H^{4}O^{4}$.	

MATIÈRES AZOTÉES

Albumine $C^{45}H^{78}Az^{11}$ (?).	Légumine $C^{42}H^{66}Az^{12}$ (?).
Ammoniaque AzH^{3}.	Leucine $C^{6}H^{13}AzO^{2}$.
Asparagine $C^{4}H^{8}Az^{2}O^{3}$.	Triméthylamine $C^{3}H^{9}Az$.
Bétaïne $C^{4}H^{11}AzO^{2}$.	Tyrosine $C^{9}H^{11}AzO^{3}$.
Glutamine $C^{5}H^{10}Az^{2}O^{3}$.	

MATIÈRES NON-AZOTÉES

Arabinose $C^{6}H^{12}O^{6}$.	Pectine $C^{32}H^{48}O^{32}$.
Cellulose $(C^{6}H^{10}O^{5})\ n$.	Pectose $(C^{2}H^{3}O^{2})\ n$.
Cholestérine $C^{26}H^{44}O$.	Vanilline $C^{8}H^{8}O^{3}$.
Coniférine $C^{16}H^{22}O^{8}$.	Matières colorantes.
Dextrane $C^{6}H^{10}O^{5}$.	Huiles essentielles.
Mannite $C^{6}H^{14}O^{6}$.	Gommes.
Parapectine $C^{32}H^{46}O^{34}$.	

Différents Sucrates.

Saccharure de potassium $C^{12} H^{21} KO^{11}$.
— sodium $C^{12} H^{21} Na O^{11}$.
Sucrate d'ammoniaque $C^{12} H^{22} O^{11} + 3 Az H^3$.
Chlorosucrate de soude $C^{12} H^{22} O^{11} + Na Cl$.
— — $2 (C^{12} H^{22} O^{11} + 3 (Na Cl)$.
— de potasse $C^{12} H^{22} O^{11} + K Cl$.
Sucrate de baryte $C^{12} H^{22} O^{11} + Ba O$.
Sucrates de strontiane $\begin{cases} C^{12} H^{22} O^{11} + 2 Sr O. \\ C^{12} H^{22} O^{11} Sr O + 5 H^2 O. \end{cases}$
Sucrate de chaux monobasique $C^{12} H^{22} O^{11} Ca O + 2 H^2 O$.
— — bibasique $C^{12} H^{22} O^{11}. 2 Ca O + 2 H^2 O$.
— — tribasique $C^{12} H^{22} O^{11}, 3 Ca O + 3 H^2 O$.
Sucrate de plomb tribasique $C^{12} H^{16} Pb^3 O^{11}$.
— — bibasiqne $C^{12} H^{18} Pb^2 O^{11}$.

On prépare le *Sucrate monocalcique* en dissolvant 30 gr. de sucre dans 470 gr. d'eau et en ajoutant 4 gr. 09 de chaux pure en poudre fine et en agitant continuellement. La solution filtrée est additionnée d'alcool. Au bout de quelques semaines le sucrate se dépose. Celui-ci lavé à l'alcool desséché est complètement soluble dans l'eau.

Le *Sucrate tricalcique* s'obtient en chauffant la solution de sucrate monobasiqne et en lavant à l'eau chaude; il est trés peu soluble dans l'eau.

On prépare le *Sucrate de plomb* en chauffant à l'ébullition 500 gr. d'une dissolution de sucrate monocalcique (50 gr. sucre, 480 gr. eau, 8 gr. Ca O). On y ajoute une solution chaude de 55 gr. 50 d'acétate de plomb dans 80 gr. d'eau. Le précipité cristallin, grenu, lavé à l'eau est desséché sur l'acide sulfurique. Ce sucrate est insoluble dans l'acide acétique et dans l'acide nitrique. Il absorbe l'acide carbonique de l'air et contient 56,60 Pb O pour 100.

(78-79) *Facteurs pour le calcul des analyses.*

Trouvé.		Cherché.		Factèurs.
Formule en équivalents.	Formule atomique.	Formule en équivalents.	Formule atomique.	
AgCl	AgCl	Ag	Ag	0.7526
AgCl	AgCl	Cl	Cl	0.2474
$AzH^4ClPtCl^2$	$(AzH^4)^2PtCl^6$	Az	Az	0.0627
Pt	Pt	Az	Az	0.1416
BaO	BaO	Ba	Ba	0.8954
$BaO.SO^3$	$BaSO^4$	BaO	BaO	0.6567
$BaO.CO^3$	$BaCO^4$	SO^3	SO^3	0.3433
$CaO.CO^2$	$CaCO^3$	BaO	BaO	0.7766
$CaO.SO^3$	$CaSO^4$	CaO	CaO	0.4118
$CaO.CO^2$	$CaCO^3$	CaO	CaO	0.5600
$CaO.CO^2$	$CaCO^3$	CO^2	CO^2	0.4400
CaO	CaO	$CaO.CO^2$	$CaCO^3$	1.7857
CO^2	CO^2	$CaO.CO^2$	$CaCO^3$	2.2727
CuO	CuO	Cu	Cu	0.7985
$C^{12}H^{12}O^{12}$	$C^6H^{12}O^6$	$C^{12}H^{10}O^{10}$	$C^6H^{10}O^5$	0.900
$C^{12}H^{12}O^{12}$	$C^6H^{12}O^6$	$C^{12}H^{11}O^{11}$	$C^{12}H^{22}O^{11}$	0.950
$C^{12}H^{11}O^{11}$	$C^{12}H^{22}O^{11}$	$C^{12}H^{12}O^{12}$	$C^6H^{12}O^6$	1.0526
$C^{12}H^{10}O^{10}$	$C^6H^{10}O^5$	$C^{12}H^{12}O^{12}$	$C^6H^{12}O^6$	1.1111
KO	K^2O	K	K	0.829
KO	K^2O	$KOAzO^5$	$KAzO^3$	2.1489
KO	K^2O	$KOCO^2$	KCO^3	2.4255
KO	K^2O	$KOSO^3$	KSO^4	1.8511

Trouvé.		Cherché.		Facteurs.
Formule en équivalents.	Formule atomique.	Formule en équivalents.	Formule atomique.	
KCl	KCl	K	K	0.5235
KCl	KCl	KO	K^2O	0.6309
Pt	Pt	K	K	0.3973
Pt	Pt	KO	K^2O	0.4786
Cl	Cl	KCL	KCl	2.0987
K	K	KCL	KCl	1.9102
$KClPtCl^2$	K^2PtCl^6	KCL	KCl	0.304
$KClPtCl^2$	K^2PtCl^6	KO	K^2O	0.1923
$KOSO^3$	K^2SO^4	KO	K^2O	0.5402
$KOAzO^5$	$KAzO^3$	KO	K^2O	0.4650
$KOCO^2$	KCO^3	KO	K^2O	0.6812
Az	Az	$KO.AzO^5$	$KAzO^3$	7.2143
CO^2	CO^2	$KO.CO^2$	KCO^3	3.0455
SO^3	SO^3	$KO.SO^3$	K^2SO^4	2.175
$PhO^5.2MgO$	$Mg^2P^2O^7$	PhO^5	P^2O^5	0.6396
$PhO^5.2MgO$	$Mg^2P^2O^7$	MgO	MgO	0.3604
NaCl	NaCl	Na	Na	0.3932
NaCl	NaCl	NaO	Na^2O	0.5299
Cl	Cl	NaCl	NaCl	1.6179
$NaOCO^2$	Na^2CO^3	NaO	Na^2O	0.5849
Az	Az	$NaO.AzO^5$	$NaAzO^3$	6.0714
CO^2	CO^2	$NaO.CO^2$	Na^2CO^3	2.4091

(80) ***Barême des cendres donnant les cendres °/₀₀ en poids ou en volume pour une incinération de 2, 3, 5 et 10 gr. ou cc. (déduction de 1/10 pour l'acide sulfurique).***

Cendres en milligr.	2	3	5	10	Cendres en milligr.	2	3	5	10
	Cendres °/₀₀					Cendres °/₀₀			
1	0.045	0.030	0.018	0.009	41	1.845	1.230	0.738	0.369
2	0.090	0.060	0.036	0.018	42	1.890	1.260	0.756	0.378
3	0.135	0.090	0.054	0.027	43	1.935	1.290	0.774	0.387
4	0.180	0.120	0.072	0.036	44	1.980	1.320	0.792	0.396
5	0.225	0.150	0.090	0.045	45	2.025	1.350	0.810	0.405
6	0.270	0.180	0.108	0.054	46	2.070	1.380	0.828	0.414
7	0.315	0.210	0.126	0.063	47	2.115	1.410	0.846	0.423
8	0.360	0.240	0.144	0.072	48	2.160	1.440	0.864	0.432
9	0.405	0.270	0.162	0.081	49	2.205	1.470	0.882	0.441
10	0.450	0.300	0.180	0.090	50	2.250	1.500	0.900	0.450
11	0.485	0.330	0.198	0.099	51	2.295	1.530	0.918	0.459
12	0.540	0.360	0.216	0.108	52	2.340	1.560	0.936	0.468
13	0.585	0.390	0.234	0.117	53	2.385	1.590	0.954	0.477
14	0.630	0.420	0.252	0.126	54	2.430	1.620	0.972	0.486
15	0.675	0.450	0.270	0.135	55	2.475	1.650	0.990	0.495
16	0.720	0.480	0.288	0.144	56	2.520	1.680	1.008	0.504
17	0.765	0.510	0.306	0.153	57	2.565	1.710	1.026	0.513
18	0.810	0.540	0.324	0.162	58	2.610	1.740	1.044	0.522
19	0.855	0.570	0.342	0.171	59	2.655	1.770	1.062	0.531
20	0.900	0.600	0.360	0.180	60	2.700	1.800	1.080	0.540
21	0.945	0.630	0.378	0.189	61	2.745	1.830	1.098	0.549
22	0.990	0.660	0.396	0.198	62	2.790	1.860	1.116	0.558
23	1.035	0.690	0.414	0.207	63	2.835	1.890	1.134	0.567
24	1.080	0.720	0.432	0.216	64	2.880	1.920	1.152	0.576
25	1.125	0.750	0.450	0.225	65	2.925	1.950	1.170	0.585
26	1.170	0.780	0.468	0.234	66	2.970	1.980	1.188	0.594
27	1.215	0.810	0.486	0.243	67	3.015	2.010	1.206	0.603
28	1.260	0.840	0.504	0.252	68	3.060	2.040	1.224	0.612
29	1.305	0.870	0.522	0.261	69	3.105	2.070	1.242	0.621
30	1.350	0.900	0.540	0.270	70	3.150	2.100	1.260	0.630
31	1.395	0.930	0.558	0.279	71	3.195	2.130	1.278	0.639
32	1.440	0.960	0.576	0.288	72	3.240	2.160	1.296	0.648
33	1.485	0.990	0.594	0.297	73	3.285	2.190	1.314	0.657
34	1.530	1.020	0.612	0.306	74	3.330	2.220	1.332	0.666
35	1.575	1.050	0.630	0.315	75	3.375	2.250	1.350	0.675
36	1.620	1.080	0.648	0.324	76	3.420	2.280	1.368	0.684
37	1.665	1.110	0.666	0.333	77	3.465	2.310	1.386	0.693
38	1.710	1.140	0.684	0.342	78	3.510	2.340	1.404	0.702
39	1.755	1.170	0.702	0.351	79	3.555	2.370	1.422	0.711
40	1.800	1.200	0.720	0.360	80	3.600	2.400	1.440	0.720

Cendres en milligr.	2	3	5	10	Cendre en milligr.	2	3	5	10
	Cendres °/o.					Cendres °/o.			
81	3.645	2.430	1.458	0.729	96	4.320	2.880	1.728	0.864
82	3.690	2.460	1.476	0.738	97	4.365	2.910	1.746	0.873
83	3.735	2.490	1.494	0.747	98	4.410	2.940	1.764	0.882
84	3.780	2.520	1.512	0.756	99	4.455	2.970	1.782	0.891
85	3.825	2.550	1.530	0.765	100	4.500	3.C00	1.800	0.900
86	3.870	2.580	1.548	0.774	200	9.00	6.00	3.60	1.80
87	3.915	2.610	1.566	0.783	300	13.50	9.00	5.40	2.70
88	3.960	2.640	1.584	0.792	400	18.00	12.00	7.20	3.60
89	4.005	2.670	1.602	0.801	500	22.50	15.00	9.00	4.50
90	4.050	2.700	1.620	0.810	600	27.00	18.00	10.80	5.40
91	4.095	2.730	1.638	0.819	700	31.50	21.00	12.60	6.30
92	4.140	2.760	1.656	0.828	800	36.00	24.00	14.40	7.20
93	4.185	2.790	1.674	0.837	900	40.50	27.00	16.20	8.10
94	4.230	2.820	1.692	0.846	1000	45.00	30.00	18.00	9.00
95	4.275	2.850	1.710	0.855					

(81) *Table des circonférences, cercles, carrés, cubes, racines carrées, racines cubiques, de 1 à 100.*

n.	Circonférence de diamèt. n. πn.	Surface du cercle de diam. n. $\frac{\pi n^2}{4}$	Carré n^2.	Cube. n^3,	Racine carrée. $\sqrt{n}$.	Racine cubique. $\sqrt[3]{n}$.
1	3,14	0,79	1	1	1,000	1,000
2	6,28	3,14	4	8	1,414	1,259
3	9,42	7,07	9	27	1,732	1,442
4	12,57	12,57	16	64	2,000	1,587
5	15,71	19.63	25	125	2,336	1,709
6	18,85	28,27	36	216	2,449	1,817
7	21,99	38,48	49	343	2,635	1,912
8	25,13	50,27	64	512	2.828	2,000
9	28,27	63,62	81	729	3,000	2,080
10	31,42	78,54	100	1000	3,162	2,154
11	34,56	95,03	121	1331	3,316	2,223
12	37,70	113,10	144	1728	3,464	2,289
13	40,84	132,73	169	2179	3,605	2,351
14	43,98	153,94	196	2744	3,741	2,410
15	47,12	176,71	225	3375	3,872	2,466
16	50,27	201,06	256	4096	4,000	2,519
17	53,41	226,98	289	4913	4,123	2,571
18	56,55	254,47	324	5832	4,242	2,620
19	59,69	283,53	361	6859	4,358	2,668
20	62,83	314,16	400	8000	4,472	2,714
21	65,97	346,36	441	9261	4,582	2,758
22	69,11	380,13	484	10648	4,690	2,802
23	72,26	415,48	529	12167	4,795	2,843
24	75,40	452,39	576	13824	4,898	2,884
25	78,54	490,87	625	15625	5,000	2,924
26	81,68	530,93	676	17576	5,099	2,962
27	84,82	572,56	729	19683	5,196	3,000
28	87,96	615,75	784	21952	5,291	3,036
29	91,11	660,52	841	24389	5,381	3,072
30	94,25	706,86	900	27000	5,477	3,107
31	97,39	754,77	961	29791	5,567	3,141
32	100,53	804,25	1024	32768	5,656	3,174
33	103,67	855,30	1089	35937	5,744	3,207
34	106,81	907,92	1156	39304	5,830	3,239
35	109,96	962,11	1225	42875	5,916	3,271

n	Circonférence de diamèt. *n*. πn.	Surface du cercle de diam. *n* $\frac{\pi n^2}{4}$	Carré n^2.	Cube n^3.	Racine carrée $\sqrt{n}$.	Racine cubique $\sqrt[3]{n}$.
36	113,10	1017,88	1296	46656	6,000	3,301
37	116,24	1075,21	1369	50653	6,082	3,332
38	119,38	1134,11	1444	54872	6,164	3,361
39	122,52	1194,59	1521	59319	6,244	3,391
40	125,66	1256,64	1600	64000	6,324	3,419
41	128,80	1320,25	1681	68921	6,403	3,448
42	131,95	1385,44	1764	74088	6,480	3,476
43	135,09	1452,20	1849	79507	6,557	3,503
44	138,23	1520,53	1936	85184	6,633	3,530
45	141,37	1590,43	2025	91125	6,708	3,556
46	144,51	1661,90	2116	97336	6,782	3,583
47	147,65	1734,94	2209	103823	6,855	3,608
48	150,80	1809,56	2304	110592	6,928	3,634
49	153,94	1885,74	2401	117649	7,000	3,659
50	157,08	1963,49	2500	125000	7,071	3,684
51	160,22	2042,82	2601	132651	7,141	3,708
52	163,36	2123,72	2704	140608	7,211	3,732
53	166,50	2206,18	2809	148877	7,280	3,756
54	169,65	2290,21	2916	157464	7,348	3,779
55	172,79	2375,83	3025	166375	7,416	3,802
56	175,83	2463,01	3136	175616	7,483	3,825
57	179,07	2551,76	3249	185193	7,549	3,848
58	182,21	2642,08	3364	195112	7,615	3,870
59	185,35	2733,97	3481	205379	7,681	3,892
60	188,50	2827,43	3600	216000	7,745	3,914
61	191,64	2922,47	3721	226981	7,810	3,936
62	194,78	3019,07	3844	238328	7,874	3,957
63	197,92	3117,24	3969	250047	7,937	3,979
64	201,06	3216,99	4096	262144	8,000	4,000
65	204,20	3318,31	4225	274625	8,062	4,020
66	207,34	3421,19	4356	287496	8,124	4,041
67	210,49	3525,65	4489	300763	8,185	4,061
68	213,63	3631,68	4624	314432	8,246	4,081
69	216,77	3739,28	4761	328509	8,306	4,101
70	219,91	3848,45	4900	343000	8,366	4,121
71	233,05	3959,19	5041	357911	8,426	4,140
72	226,19	4071,50	5184	373248	8,485	4,160
73	229,34	4185,39	5329	389017	8,544	4,179
74	232,48	4300,83	5476	405224	8,602	4,198
75	235,62	4417,86	5625	421875	8,660	4,217

n.	Circonférence de diamèt. n πn.	Surface du cercle de diam. n $\frac{\pi n^2}{4}$	Carré n^2.	Cube n^3.	Racine carrée, $\sqrt{n}$.	Racine cubique $\sqrt[3]{n}$.
76	238,76	4536,46	5776	438976	8,717	4,235
77	241,90	4656,62	5929	456533	8,774	4,254
78	245,04	4778,36	6084	474552	8,831	4,272
79	248,19	4901,67	6241	493039	8,888	4,290
80	251,33	5026,55	6400	512000	8,944	4,308
81	254,47	5153,00	6561	531441	9,000	4,326
82	257,61	5281,02	6724	551368	9,055	4,344
83	260,75	5410,61	6889	571787	9,110	4,362
84	263,89	5541,77	7056	592704	9,165	4,379
85	267,03	5674,50	7225	614125	9,219	4,396
86	270,18	5808,80	7396	636056	9,273	4,414
87	273,32	5944,68	7569	656503	9,327	4,431
88	276,46	6082,12	7744	681472	9,386	4,447
89	279,60	6221,14	7921	704969	9,433	4,464
90	282,74	6361,72	8100	729000	9,486	4,481
91	235,88	6503,88	8281	753571	9,539	4,497
92	289,03	6747,61	8464	778688	9,591	4,514
93	292,17	6792,91	8649	804357	9,643	4,530
94	295,31	6939,78	8836	830584	9,695	4,546
95	298,45	7088,22	9025	857375	9,746	4,562
96	301,59	7238,23	9216	884736	9,797	4,578
97	304,73	7389,81	9409	912673	9,848	4,594
98	307,88	7542,96	9604	941192	0,899	4,610
99	311,02	7697,69	9801	970229	9,949	4,626
100	314,16	7853,98	10000	1000000	10,000	4,642

(82) ***Table de Dietrich indiquant, en milligrammes, le poids d'un centimètre cube d'azote, aux pressions comprises entre 720 et 770 millimètres et aux températures de 10 à 25 degrés centigrades.***

Température Degrés centigr.	MILLIMÈTRES					
	720	722	724	726	728	730
10	1.13380	1.13699	1.14018	1.14337	1.14656	1.14975
11	1.12881	1.13119	1.13517	1.13835	1.14153	1.14471
12	1.12376	1.12693	1.13010	1.13326	1.13643	1.13960
13	1.11875	1.12191	1.12506	1.12822	1.13138	1.13454
14	1.11369	1.11684	1.11999	1.12313	1.12628	1.12942
15	1.10859	1.11172	1.11486	1.11799	1.12113	1.12426
16	1.10346	1.10658	1.10971	1.11283	1.11596	1.11908
17	1.09828	1.10139	1.10450	1.10761	1.11073	1.11384
18	1.09304	1.09614	1.09924	1.10234	1.10544	1.10854
19	1.08774	1.09083	1.09392	1.09702	1.10011	1.10320
20	1.08246	1.08554	1.08862	1.09170	1.09478	1.09786
21	1.07708	1.08015	1.08322	1.08629	1.08936	1.09243
22	1.07166	1.07472	1.07778	1.08084	1.08390	1.08696
23	1.06616	1.06921	1.07226	1.07531	1.07836	1.08141
24	1.06061	1.06365	1.06669	1.06973	1.07277	1.07581
25	1.05499	1.05801	1.06104	1.06407	1.06710	1.07013

	746	748	750	752	754	756
10	1.17527	1.17846	1.18165	1.18484	1.18803	1.19122
11	1.17014	1.17332	1.17650	1.17168	1.18286	1.18603
12	1.16493	1.16810	1.17127	1.17444	1.17760	1.18077
13	1.15979	1.16295	1.16611	1.16928	1.17242	1.17558
14	1.15459	1.15774	1.16088	1.16403	1.16718	1.17032
15	1.14933	1.15247	1.15560	1.15873	1.16187	1.16500
16	1.14407	1.14720	1.15032	1.15344	1.15657	1.15969
17	1.13873	1.14185	1.14496	1.14807	1.15118	1.15429
18	1.13335	1.13645	1.13955	1.14266	1.14576	1.14886
19	1.12794	1.13103	1.13412	1.13721	1.14030	1.14340
20	1.12251	1.12559	1.12861	1.13175	1.13483	1.13791
21	1.11700	1.12007	1.12314	1.12621	1.12928	1.13236
22	1.11145	1.11451	1.11757	1.12063	1.12369	1.12675
23	1.10581	1.10886	1.11191	1.11496	1.11801	1.12106
24	1.10012	1.10316	1.10620	1.10924	1.14228	1.11532
25	1.09437	1.09740	1.10043	1.10346	1.10649	1.10952

MILLIMÈTRES

732	734	736	738	740	742	744
1.15294	1.15613	1.15932	1.16251	1.16570	1.16889	1.17207
1.14789	1.15107	1.15424	1.15742	1.16060	1.16378	1.16996
1.14277	1.14593	1.14910	1.15227	1.15543	1.15860	1.16177
1.13769	1.14085	1.14401	1.14716	1.15032	1.15348	1.15663
1.13257	1.13572	1.13886	1.14201	1.14515	1.14830	1.15145
1.12739	1.13053	1.13366	1.13680	1.13993	1.14306	1.14620
1.12220	1.12533	1.12845	1.13158	1.13470	1.13782	1.14095
1.11695	1.12006	1.12317	1.12629	1.12940	1.13251	1.13562
1.11165	1.11475	1.11785	1.12095	1.12405	1.12715	1.13025
1.10629	1.10938	1.11248	1.11557	1.11866	1.12175	1.12484
1.10094	1.10403	1.10710	1.11018	1.11327	1.11635	1.11943
1.09550	1.09857	1.10165	1.10472	1.10779	1.11086	1.11393
1.09002	1.09308	1.09614	1.09921	1.10225	1.10533	1.10839
1.08446	1.08751	1.09056	1.09361	1.09666	1.09971	1.10276
1.07885	1.08189	1.08495	1.08796	1.09100	1.09404	1.09708
1.07316	1.07619	1.07922	1.08225	1.08528	1.08831	1.09134

758	760	762	764	766	768	770
1.19411	1.19760	1.20079	1.20398	1.20717	1.21036	1.21355
1.18921	1.19239	1.19557	1.19875	1.20193	1.20511	1.20829
1.18394	1.18710	1.19027	1.19344	1.19660	1.19977	1.20294
1.17873	1.18189	1.18505	1.18820	1.19136	1.19452	1.19768
1.17348	1.17661	1.17976	1.18291	1.18605	1.18920	1.19234
1.16814	1.17127	1.17440	1.17754	1.18067	1.18381	1.18694
1.16282	1.16595	1.16906	1.17219	1.17531	1.17844	1.18156
1.15741	1.16052	1.16363	1.16674	1.16985	1.17297	1.17608
1.15196	1.15506	1.15816	1.16126	1.16436	1.16746	1.17056
1.14649	1.14958	1.15267	1.15576	1.15886	1.16195	1.16504
1.14099	1.14408	1.14716	1.15024	1.15332	1.15640	1.15948
1.13543	1.13850	1.14157	1.14464	1.14771	1.15078	1.15385
1.12982	1.13288	1.13594	1.13900	1.14206	1.14512	1.14818
1.12411	1.12716	1.13021	1.13326	1.13631	1.18936	1.14241
1.11835	1.12139	1.12443	1.12747	1.13051	1.12355	1.13659
1.11255	1.11558	1.11861	1.12164	1.12467	1.12770	1.13073

(83) *Dimensions du Commerce pour divers objets.*

Tableau des fers carrés *depuis 1 millimètre jusqu'à 11 centimètres de grosseur avec leur poids pour 1 mètre de longueur.*

Dimensions	Poids.	Dimensions	Poids.	Dimensions	Poids.
mill.	kil. gr.	mill.	kil. gr.	mill.	kil. gr.
1	0 008	38	11 246	75	43 806
2	0 031	39	11 806	76	44 983
3	0 070	40	12 451	77	46 176
4	0 125	41	13 092	78	47 382
5	0 195	42	13 738	79	48 665
6	0 280	43	14 400	80	49 843
7	0 382	44	15 078	81	51 097
8	0 498	45	15 771	82	52 367
9	0 631	46	16 479	83	53 632
10	0 779	47	17 204	84	54 952
11	0 942	48	17 944	85	56 208
12	1 121	49	18 699	86	57 600
13	1 316	50	19 470	87	58 947
14	1 526	51	20 257	88	60 310
15	1 752	52	21 059	89	61 689
16	1 994	53	21 876	90	63 088
17	2 251	54	22 710	91	64 486
18	2 523	55	23 559	92	65 918
19	2 811	56	24 423	93	67 358
20	3 115	57	25 303	94	68 815
21	3 435	58	26 199	95	70 287
22	3 769	59	27 110	96	71 774
23	4 120	60	28 036	97	73 262
24	4 486	61	28 979	98	74 776
25	4 868	62	29 937	99	76 330
26	5 265	63	30 911	100	77 880
27	5 677	64	31 900	101	79 445
28	6 106	65	32 884	102	81 026
29	6 550	66	33 925	103	82 623
30	7 009	67	34 900	104	84 236
31	7 484	68	35 012	105	85 863
32	7 975	69	37 079	106	87 506
33	8 481	70	38 161	107	89 165
34	9 003	71	39 259	108	90 839
35	9 540	72	40 373	109	92 529
36	10 093	73	41 502	110	94 235
37	10 662	74	42 647		

Fers méplats.

Pour trouver le poids des fers méplats pour un mètre de longueur, il faut multiplier la largeur par l'épaisseur, et le total par 7 grammes 788 milligrammes; le produit est le chiffre cherché.

(84) Tableau des fers ronds ***depuis 1 millimètre jusqu'à 10 centimètres de diamètre avec leur poids pour 1 mètre de longueur.***

Diamètre.	Poids.	Diamètre.	Poids.	Diamètre.	Poids.
mill.	kil. gr.	mill.	kil. gr.	mill.	kil. gr.
2	0 024	35	7 496	68	28 294
3	0 055	36	7 930	69	29 133
4	0 098	37	8 377	70	29 983
5	0 158	38	8 836	71	30 840
6	0 220	39	9 307	72	31 721
7	0 300	40	9 791	73	32 548
8	0 392	41	10 280	74	33 508
9	0 496	42	10 794	75	34 119
10	0 612	43	11 314	76	35 343
11	0 740	44	11 846	77	36 280
12	0 881	45	12 391	78	37 228
13	1 034	46	13 048	79	38 189
14	1 199	47	13 517	80	39 162
15	1 377	48	14 098	81	40 147
16	1 506	49	14 692	82	41 144
17	1 768	50	15 296	83	42 154
18	1 983	51	15 916	84	43 176
19	2 209	52	16 546	85	44 210
20	2 448	53	17 183	86	45 256
21	2 698	54	17 813	87	46 315
22	2 962	55	18 510	88	47 380
23	3 237	56	19 189	89	48 469
24	3 525	57	19 881	90	49 563
25	3 824	58	20 458	91	50 671
26	4 136	59	21 200	92	51 791
27	4 461	60	22 028	93	52 923
28	4 797	61	22 769	94	54 067
29	5 146	62	23 521	95	55 224
30	5 507	63	24 286	96	56 393
31	5 880	64	25 063	97	57 574
32	6 266	65	25 853	98	58 644
33	6 664	66	26 654	99	59 972
34	7 074	67	27 468	100	61 190

Pour trouver le poids des fers ronds, il faut carrer le diamètre et en multiplier le produit en millimètres par 6 grammes 219 milligrammes 140 milliémes poids du fer rond de 1 millimètre de diamètre sur 1 mètre de longueur.

(85) *Table du poids d'un mètre carré de feuille de tôle, en fer, laminé, cuivre rouge, plomb, zinc, étain et argent, suivant les èpaisseurs.*

Epaisseur des feuilles	Tôle.	Cuivre rouge.	Plomb.	Zinc.	Étain.	Argent.
mill.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
1/4	1.497	2.197	2.838	1.715	1.825	2.652
1/2	3.894	4.394	5.676	3.430	3.650	5.305
1	7.788	8.788	11.352	6.861	7.300	10.610
2	15.576	17.576	22.704	13.722	14.600	21.220
3	23.364	26.364	34.056	20.583	21.900	31.830
4	31.154	35.152	45.408	27.444	29.200	42.440
5	38.940	43.940	56.760	34.305	36.500	53.050
6	46.728	52.728	68.112	41.166	43.800	63.660
7	54.516	61.516	79.464	48.027	51.100	74.270
8	62.304	70.304	90.816	53.878	58.400	84.880
9	70.092	79.092	102.168	61.749	65.700	95.590
10	77.880	87.880	113.520	68.610	73.000	106.100
11	85.668	96.668	124.872	75.471	80.300	116·710
12	93.456	105.456	136.224	82.332	87.600	127.320
13	101.244	114.244	147.573	89.193	94.900	137.930
14	109.032	123.032	158.928	96.054	102.200	148.540
15	116.820	131.820	170.280	102.915	109.900	159.150
16	124.608	140.608	181.632	109.976	116.800	169.760
17	132.306	149.396	192.984	116.637	124.100	180.370
18	140.184	158.184	204.336	123.498	131.400	190.980
19	147.972	166.972	215.688	130.359	138.700	201.590
20	155.760	175.960	227.640	137.220	146.000	212.200

(86) *Cuivre rouge en planches.*

Dimensions.	ÉPAISSEURS				
	1/2 m/m	1 m/m	2 m/m	3 m/m	4 m/m.
1m 40 × 1m 15	7k 20	14k 40	28k 80	43k 20	57k 60
2 » × 1 30	—	24 »	48 »	72 »	96 »
2 30 × 1 30	—	28 »	56 »	84 »	112 »
3 30 × 1 20	—	36 »	82 »	108 »	144 »
4 » × 1 20	—	44 »	88 »	132 »	176 »

Ces poids, dans la pratique, sont sujets à une certaine tolérance.

(87) *Tubes en fer soudés par rapprochement pour conduites d'eau et de gaz.*

Diamètres intérieur.	Diamètres extérieur.	Poids du mètre.	Diamètres intérieur.	Diamètres extérieur.	Poids du mètre.
millim.	millim.	kilogr.	millim.	millim.	kilog.
5	10	0 455	37	42	4 130
8	13	0 645	40	49	4 900
12	17	0 890	50	60	6 740
15	21	1 320	60	70	7 950
21	27	1 765	66	76	8 690
27	34	2 615	72	82	9 420
			80	90	10 400

(88) *Poids du mètre courant des tubes en cuivre rouge.*

Diamètres extérieurs en millim.	ÉPAISSEURS EN MILLIMÈTRES 1	1 1/4	1 1/2	1 3/4	2	2 1/2	3	4	5
mill.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.	k.
10	0 304	0 393	0 483	0 572	0 663	0 870	1 078	1 548	2 073
15	0 442	0 566	0 691	0 815	0 939	1 216	1 492	2 101	2 464
20	0 580	0 739	0 898	1 057	1 216	1 562	1 907	2 654	3 455
25	0 719	0 912	1 105	1 299	1 492	1 908	2 322	3 207	4 146
30	0 857	1 085	1 313	1 541	1 769	2 254	2 737	3 760	4 837
35	0 995	1 258	1 520	1 783	2 045	2 599	3 150	4 313	5 528
40	1 134	1 431	1 728	2 025	2 322	2 944	3 566	4 866	6 219
45	1 272	1 604	1 935	2 267	2 598	3 289	3 981	5 419	6 910
50	1 410	1 776	2 143	2 509	2 875	3 634	4 396	5 972	7 601
55	1 590	1 949	2 350	2 751	3 151	3 979	4 810	6 525	8 292
60	1 714	2 122	2 557	2 993	3 428	4 324	5 225	7 078	8 993
65	1 895	2 295	2 765	3 253	3 704	4 669	5 640	7 631	9 674
70	2 150	2 468	2 972	3 477	3 981	5 015	6 055	8 184	10 365
75	2 228	2 641	3 180	3 719	4 257	5 361	6 469	8 732	11 058
80	2 407	2 814	3 387	3 961	4 534	5 707	6 881	9 289	11 749
85	2 548	2 987	3 595	4 203	4 810	6 053	7 299	9 842	12 440
90	2 995	3 160	3 802	4 455	5 087	6 399	7 714	10 395	13 131
95	3 085	3 333	4 010	4 887	5 363	6 745	8 126	10 948	13 822
100	3 148	3 406	4 217	5 229	5 640	7 091	8 543	11 501	14 513
105	3 321	3 771	4 424	5 640	5 916	7 437	8 958	12 054	15 204
110	3 520	4 052	4 995	5 772	6 193	7 783	9 373	12 607	15 896
115	4 015	4 418	5 320	6 049	6 469	8 129	9 787	13 160	16 587
120	4 442	4 957	5 832	6 350	6 746	8 470	10 201	13 713	17 278

Surfaces planes.

S = Surface.

Triangle. $S = \frac{bh}{2}$

ou $S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$, en représentant par p le semi-périmètre et les côtés par a, b, c.

Rectangle. $S = bh$.

Parallélogramme. $S = bh$.

Trapèze. — $S = \frac{b+b'}{2} \times h$.

Losange. — $S = bh$.

Polygones réguliers. $S \frac{1}{2} a\,p$, en désignant par p le pèrimètre et et a l'apotème.

l étant = au côté. l'apotème est dans le :

Triangle	= 0,2887 l	Octogone	= 1,2071 l
Carré	= 0,500 l	Ennéagone	= 1,3738 l
Pentagone	= 0.6882 l	Décagone	= 1.5388 l
Exagone	= 0.8660 l	Dodécagone	= 1.8650 l
Eptagone	= 1.0382 l		

Et l étant égal au côté :

L'aire du triangle	= 0.433 l^2	L'aire de l'octogone	= 4.828 l^2
— pentagone	= 1.720 l^2	— ennéagone	= 6.182 l^2
— exagone	= 2.598 l^2	— décagone	= 7.694 l^2
— éptagone	= 3.634 l^2	— dodécagone	= 11.196 l^2

Circonférence. $C = \pi R$.

Aire du cercle. $S = \pi R^2$.

Aire du secteur de cercle. $S = \frac{1}{2} Ra = \pi R^2 \frac{\alpha}{360}$, a étant la longueur de l'arc, et α la longueur de l'arc en degrés.

Aire du segment de cercle $S = \frac{R}{2}\left(a - \frac{1}{2} c\right)$ c étant la corde sous-tendue par un arc double de a.

Ellipse. $S = \frac{\pi\, a\, b}{4} = 0.7854\ a\ b$, a étant le grand axe et b le petit.

Valeurs de π :

$$\pi = 3.141592654$$

$$\frac{1}{\pi} = 0.318309886$$

$$\pi^2 = 9.869604401$$

$$\sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1.253314137$$

$$\sqrt{\frac{1}{\pi}} = 0.564189584$$

$$\sqrt{\pi} = 1.772453851$$

Solides.

$S =$ superficie ; $V =$ volume ; $B =$ surface de base ; h hauteur.

Prisme. — Surface latérale. $S =$ périmètre de la section perpendiculaire à l'arête par l'arête ou la hauteur.

Superficie totale = superficie latérale + superficie de la base.

Volume, $V =$ surface de la base $\times h = Bh$.

Pyramide régulière. — Surface latérale, $S = 1/2$ périmètre de la base par l'apotéme.

Volume, $V = \frac{1}{3} Bh$.

Tronc de pyramide à bases parallèles. — $V = \frac{h}{3}\left(B + B' \times \sqrt{BB'}\right)$

Cylindre. — Surface latérale, $S = 2 \pi rh$.

Volume, $V = \pi r^2 h$.

Cône. Surface latérale, $S = \pi r l$.

Volume, $V = \pi r^2 \frac{h}{3}$

Tronc de cone à bases parallèles. — $S = \pi (R + r) h$.

Volume, $V = \frac{\pi}{3} h (R^2 + r^2 + R \times r) = 1.047198\, h (R2 + r^2 + Rr$.

Sphère. — $S = 4 \pi R^2 = \pi D^2$

$V = \frac{4}{3} \pi R^3 = 4.18879\, R^3$.

Capacité des tonneaux. — $R =$ rayon intérieur à la bonde ; $r =$ rayon des deux fonds et $l =$ longueur du tonneau ou distance des deux fonds.

$$V = \frac{1}{2} \pi l \left[2 R^2 + r^2 - \frac{1}{3}\left(R^2 - r^2 \right)\right]$$

$$\text{ou } V = 1,.4719 . l \left[2 R^2 + r^2 - \frac{1}{3}\left(R^2 - r^2\right)\right]$$

$$\text{ou } V = \frac{\pi}{36} l (d + 2 D)^2 = 0.087266\, l\, (d + D)^2.$$

d et D étant les diamètres correspondants aux rayons ci-dessus.

Si le tonneau est plus de la moitié plein ; la partie vide, $V = 1,767,\ l h^2$, formule dans laquelle $h =$ la hauteur de la partie vide.

Si le tonneau est presque entièrement plein, la partie vide $V = 2.30\, l h^2$.

(91) ***Valeur, poids et diamètre des monnaies françaises.***

Ce système monétaire est commun à la Belgique, la Suisse et l'Italie.

OR.				ARGENT.				CUIVRE.			
Valeur.	Poids.	Diamètre en millimètres.	Tolérance en millièmes du poids.	Valeur.	Poids.	Diamètre en millimètres.	Tolérance en millièmes du poids.	Valeur.	Poids.	Diamètre en millimètres.	Tolérance en millièmes du poids.
fr.	gram.	mil.	mil.	f. c.	gram.	mil.	mil.	f. c.	gram.	mil.	mil.
100	32.25800	35	1	5	25	37	3	0.10	10	30	10
50	16.12900	28	2	2	10	27	5	0.05	5	25	10
40	12.90322	26	2	1	5	23	5	0.02	2	20	15
20	6.45161	21	2	0.50	2.50	18	7	0.01	1	15	15
10	3.22580	19	2.5	0.20	1	15	10				
5	1.61290	17	3								

(92) *Valeur des monnaies étrangères en francs.*

MONNAIES		Grèce.	val. au pair. fr.
Allemagne, Prusse.	val. au pair. fr.	Drachme (argent)	0.90
Marck	1.25	Ecu argent	4.47
Kreutzer (cuivre)	0.036	Othon (or)	17.90
Florin (argent)	2.113	**Hollande.**	
Thaler (argent)	3.75	Florin	2.11
Ducat (or)	11.85	Ducat (argent)	6.41
Frédéric (or)	20.78	Ducat (or)	11.78
Angleterre.		Ryder (or)	31.40
Penny (cuivre)	0.10	**Mexique.**	
Shilling (argent)	1.16	Piastre (argent)	5.41
Couronne (5 shillings) (argent)	5.81	Quadruple (or)	81.20
Livre sterling (souverain) (or)	25.21	**Portugal.**	
Guinée (21 shillings)	26.47	Teston (argent)	0.51
Autriche.		Cruzade (argent)	2.94
Kreutzer (cuivre)	0.04	1/10 couronne (or)	5.60
Florin (argent)	2.59	1/2 couronne (or)	28.00
Ducat (or)	11.81	Couronne (or)	56.00
Souverain (or)	17.58	**Russie.**	
Danemark.		Copeck (cuivre)	0.04
Ecu courant (argent)	2.48	Solot (argent)	1.00
Rixdaler (double écu) (argent)	4.96	Rouble (argent)	4.00
Ducat (or)	9.47	Ducat (or)	11.59
Frédéric (or)	20.32	Impériale	41.29
Espagne.		**Suède.**	
Maravédi (cuivre)	0.008	Skilling (cuivre)	0.015
Réal (cuivre)	0.26	Species (argent)	5.66
Peseta	1.00	Ducat (or)	11.70
Piastre (argent)	5.40	**Turquie.**	
Ecu d'or (or)	10.80	Irmilick (cuivre)	0.06
Pistole (2 écus) (or)	21.60	Piastre (argent)	0.22
Etats-Unis.		Alteleck (argent)	1.11
Cent (cuivre)	0.053	Memdonyé (argent)	3.96
Demi-dollar (argent)	2.67	50 piastres (argent)	11.34
Dollar (argent)	5.34	100 piastres (argent)	22.68

Nota. — Belgique, Italie, Suisse (système métrique français).

(93) *Conversion des mesures étrangères en mesures françaises.*

LONGUEURS.	
Allemagne.	m. lin.
Pied (fuss) d'Augsbourg	0.29
— de Berlin	0.313
Aune (elle) —	0.666
Pied (fuss) de Brême	0.289
Aune (elle) —	0.578
Pied (fuss) de Carlsruhe	0.30
— de Francfort	0.284
— de Hambourg	0.287
Aune (elle) —	0.573
Pied (fuss) de Hanovre	0.29
Aune (elle) —	0.58
Pied (fuss) de Munich	0.291
Aune (elle) —	0.833
Pied (fuss) de Nuremberg	0.303
Aune (elle) —	0.656
Pied (fuss) d'Oldenbourg	0.296
— de Stuttgard	0.286
Aune (elle) —	0.614
Pied (fuss) de Vienne	0.3161
Aune (elle) —	0.779
Angleterre.	
Pouce (inch)	0.025
Pied (feet) (12 inches)	0.304
Yard (3 feets)	0.914
Fathom (2 yards)	1.828
Perch (5 1/2 yards)	5.029
Furlong (220 yards)	201.164
Mille (8 furlongs)	1609.314
Danemark.	
Pied (fed)	0.313
Aune (elle)	0.627
Perche (10 feds)	3.136
Espagne.	
Pied de Madrid	0.282
Vare de Castille	0.847
Hollande.	
Pied d'Amsterdam	0.283
Aune	0.690
Pied d'Anvers	0.285
Aune d'Anvers pour soie	0.694
— p. laine	0.684
Russie.	
Pied (12 verchocks)	0.304
Archine (1/3 sagène)	0.711
Sagène (7 pieds)	2.133
Verste (500 sagènes)	1066.758

Suisse.	m. lin.
Pied de Bâle	0.304
— de Berne	0.293
SUPERFICIE.	
Angleterre.	m.
Yard carré	0.836
Rod (perche carrée)	25.292
Rood (1210 yards)	1011.677
Acre (4840 yards)	4046.710
CAPACITÉS ET VOLUMES	
Angleterre.	litres.
Piut (1/8 gallon)	0.568
Sack	1.090
Gallon	4.543
Peck (2 gallons)	9.087
Bushel (8 gallons)	36.347
Autriche.	
Tonne (3.8 pied cube)	120
Prusse.	
Tonne (7 1/9 pieds cubes)	223
Russie.	
Kruska	1.229
Védro	12.289
Tchetver	209.740
Tonne (40 védros)	491.560
POIDS.	
Angleterre.	k.
Livre troy	0.373
Livre (avoir-du-poids)	0.453
Tonne	1015.649
Autriche.	
Livre	0.560
Espagne.	
Livre	0.460
Prusse.	
Livre	0.467
Russie.	
Livre	0.638
Gond	16.372
Berkowetz	163.72

Jaugeage et graduation des Instruments de chimie.

La précision dans la graduation et le jaugeage des instruments don on se sert en chimie pour l'analyse volumétrique est absolument indispensable pour la vérité des résultats.

Un ballon jaugé, contenant par exemple, 101 ou 99 cc. au lieu de 100 cc., produira dans l'analyse d'un sucre brut une erreur de près de 1°. A quoi sert dès lors la précision à 1/10 de degré près d'un polarimètre perfectionné acheté à grands frais, si l'analyse est faussée aussi étrangement dès le début par l'emploi d'une mesure inexacte? Or il nous est souvent arrivé de rencontrer des ballons jaugés, livrés pour contenir 100-110 cc. et contenant aux traits de jauge, respectivement jusqu'à 103-113 cc. Pour un sucre polarisant 95° cela faisait une erreur en moins de 0,95 $\times$ 3 = 2° 85 dans le titrage. Étonnez-vous après cela des écarts que l'on constate dans les bulletins d'analyse de différents chimistes. Ce n'est point toujours le saccharimètre, ni l'œil, ni la manière d'opérer, ni même la plume du chimiste qui est le coupable, mais bien le constructeur ignorant ou peu consciencieux auquel il a demandé sa verrerie graduée.

Les industriels et même, disons-le, les chimistes se montrent fort difficiles lorsqu'ils font l'acquisition d'un instrument d'un prix élevé; mais quand il s'agit de la verrerie graduée, il en est tout autrement; ils compulsent ou font compulser les catalogues, et adressent la commande à celui dont les prix sont moins élevés, sans se soucier de la qualité, ou, si l'on veut, de la précision, et de l'exactitude des instruments. C'est là un fait très préjudiciable à l'industrie et au bon renom de la chimie, contre lequel il est utile de lutter.

Voilà une des causes pour lesquelles la verrerie allemande tend à envahir nos laboratoires. Je ne veux pas dire qu'on ne fabrique en Allemagne que des instruments de pacotille pour l'exportation; mais les bons instruments, consciencieusement établis, ne coûtent pas meilleur marché que chez nous.

Après avoir indiqué à quelle température doivent être gradués les instruments de chimie, rappelé les principes scientifiques sur lesquels est basée la graduation, nous dirons quelques mots des moyens employés pour les vérifier et les graduer.

A quelle température doivent être jaugés et gradués les instruments de chimie.

Un vase gradué n'est exact que pour la température à laquelle il a été

gradué, à cause de la dilatation ou de la contraction qu'il subit lorsque cette température vient à changer. Le coefficient de dilatation cubique du verre de laboratoire étant 0,0000268, une carafe de 1 litre qui aurait été jaugée à 15°, contiendrait à la température de 25 degrés = 1.000 × 1 + kt = 1.000 × 1 + 0,0000268 × 10 = 1.000 cc. 268.

Ce n'est pas tant à cause de la dilatation du verre qui, en somme, pourrait être négligée, que pour la dilatation des solutions et des liqueurs titrées que l'on prépare et que l'on mesure dans les verres jaugés et gradués, qu'il importe de choisir un point invariable de température, car la valeur de la dilatation des liquides est beaucoup plus élevée que celle du verre qui les contient.

Ainsi, tandis que le volume d'une carafe de verre de 1 litre n'augmente, comme nous l'avons vu, que 0 cc. 268 pour une variation de température de 10°, la dilatation d'un égal volume d'eau est de :

1 cc. 250	entre	10 et 20°
2 cc. 630	—	20 et 30
4 cc. 169	—	40 et 50
5 cc. 668	—	60 et 70

Le coefficient de dilatation des solutions titrées dont on se sert en chimie, varie à peu près dans les mêmes proportions. Il est donc facile de se rendre compte de l'importance qu'il y a à adopter une température uniforme, toujours la même, pour la graduation des instruments de chimie.

La température de 15° C. étant presque partout conventionnellement adoptée en France, et étant pour ainsi dire consacrée officiellement par suite des lois et règlements sur la vérification des alcoomètres et des densimètres, il n'y a pas lieu d'en proposer une autre.

En Allemagne les instruments de chimie sont gradués à 14° R. soit 17°5 C.

La température de 15° est-elle heureusement choisie ? Il nous semble que celle de 17°5 serait préférable parce que la température qui règne dans les laboratoires, hiver comme été, est certainement plus voisine de 17°5 que de 15°. Mais pour l'adopter il faudrait une entente générale entre tous les laboratoires français, ce qui est bien difficile. Le mieux pour le moment est donc de s'en tenir à ce qui existe.

Quel poids d'eau distillée doivent contenir les instruments jaugés à la température de 15° C.

Prenons par exemple une carafe jaugée de 1 litre.

Elle doit contenir 1.000 cc.

Or, l'eau distillée qui, à la température de + 4°, a une densité de

1.000, n'a plus, d'après la table de Rosetti, qu'une densité de 0.99916 à + 15°. Ce chiffre de 0.99916 exprime la densité ou poids absolu de l'eau dans le vide.

Mais pour le jaugeage et la vérification des instruments à l'aide de la balance, on opère dans l'air et non pas dans le vide. Il y a donc lieu de tenir compte de la poussée de l'air.

Le poids d'un litre d'air à la température de 0° et à la pression de 700 m/m de mercure, étant 1 gr. 293, son poids à 15° et à la même pression sera

$$= \frac{1.293}{1 + at} = \frac{1.293}{1 + 0.00366 \times 15} = 1 \text{ gr. } 225.$$

Il faut donc retrancher ce poids du poids de l'eau dans le vide 999 gr. 16. Toutefois, les poids de laiton qui font équilibre à 1.000 cc. d'eau distillée à 15°, atténuent dans une certaine mesure la poussée de l'air sur la carafe.

Il y a donc lieu de déduire de cette poussée de 1 gr. 225 le poids de l'air déplacé par les poids métalliques.

La densité du laiton des poids étant 8,4 sa densité à 15° sera

$$\frac{8.4}{1 + kt} = \frac{8.4}{1 + 0.0000563 \times 15} = 8.39;$$

ces poids déplacent

$$\frac{1.225}{8.39} = 0 \text{ gr. } 146 \text{ d'air.}$$

On a donc 1 gr. 225 — 0.146 = 1 gr. 079 à retrancher du poids absolu de 1.000 cc. d'eau à 15°, soit 999,16 — 1,079 = 998 gr. 081.

Tels sont donc les poids de laiton qu'il faudra mettre sur le plateau de la balance pour faire équilibre à 1.000 cc. d'eau distillée à 15° de température et à la pression 760.

Un ballon de 100 cc. ne devra donc contenir, dans les mêmes conditions de température et de pression, que 99 gr. 8081 d'eau distillée, s'il est bien jaugé.

Nous n'avons pas tenu compte dans ces calculs de la variation de la pression ni de l'état hygrométrique de l'atmosphère, ces deux influences pouvant être négligées sans inconvénient.

La formule générale pour obtenir le poids représentant 1.000 cc. d'eau distillée à la température de t° peut s'écrire de la manière suivante :

(1) $P = D - \delta - \gamma$: dans laquelle P est le poids cherché.

$D =$ la densité absolue de l'eau à la température t°.

$\delta =$ le poids de 1 litre d'air à la même température.

$\gamma =$ le poids de l'air déplacé par les poids de laiton faisant équilibre à 1 litre d'eau.

Or, D est donné par la table de Rosetti ; à 15° il est de 999.16.

$$\delta = \frac{1 \text{ gr. } 293}{1 + at}$$

$$\gamma = \frac{\delta}{\Delta'} ;$$

Δ' étant la densité du laiton à t° ;
mais

$$\Delta' = \frac{\Delta}{1 + kt}$$

Δ étant la densité du laiton à 0° = 8,4,
la formule (1) devient alors :

$$P = D - \left(\frac{1.293}{1 + at} - \frac{\frac{1.293}{1 + at}}{\frac{\Delta}{1 + kt}} \right), \text{ ou}$$

$$\text{(2)} \qquad P = D + \frac{1.293 \times (1 + kt)}{\Delta \times (1 + at)} - \frac{1.293}{1 + at}$$

Si l'on veut tenir compte de la pression atmosphérique la formule devient :

$$\text{(3)} \qquad P = D + \frac{1.293 \times (1 + kt)}{\Delta \times (1 + at)} - \frac{H}{760} \times \frac{1.293}{1 + at}$$

H étant la pression atmosphérique exprimée en millimètres de mercure.

Lorsqu'on veut vérifier un instrument gradué à + 15°, et que la température du laboratoire où l'on opère est inférieure ou supérieure à 15°, la formule (3) a besoin d'être complétée.

Supposons que l'on veuille vérifier un ballon de 100 cc. jaugée + 15° dans un laboratoire dont la température est de 20°.

Le poids d'eau que devrait contenir ce ballon jusqu'au trait de jauge est donné par la formule (3) ou la formule (2), suivant qu'on tient compte ou non de la pression atmosphérique.

Mais si on introduit dans ce ballon le poids d'eau indiqué par la formule, le niveau du liquide ne coïncidera pas avec le trait de jauge, parce que le volume du récipient a subi une dilatation, est devenu plus grand ; ce niveau restera au-dessous du trait de jauge. Il faut donc ajouter au poids de 100 cc. d'eau à + 20° le poids d'un volume de cette même eau égal au volume dont le récipient s'est dilaté en passant de la température de 15° à celle de 20°.

Si la température était inférieure à 15°, il y aurait lieu au contraire de retrancher ce poids.

$c = 0{,}0000268$, étant le coefficient de dilatation cubique du verre,

θ étant la différence de température entre 15° et celle du laboratoire,

n étant la capacité en cc. du vase que l'on vérifie, on peut exprimer le poids à ajouter ou à retrancher par l'expression $nc\theta$, ou $n \times 0{,}0000268\theta$,

Et la formule (3) devient :

$$P = D + \frac{1.293 \times (1 + kt)}{d \times (1 + at)} \pm nc\theta - \frac{H}{760} \times \frac{1.293}{1 + at} \qquad (4)$$

La table suivante indique la densité et le volume de l'eau à différentes températures, ainsi que son poids pour 100 cc., pesés dans l'air avec des poids en cuivre.

Les volumes et les densités sont ceux donnés par la table de Rosetti.

Le poids de l'eau a été calculé par nous d'après la formule (2) ci-dessus.

La colonne 4 donne la valeur de $nc\theta$ pour $n = 1$.

Cette table supprime tous les calculs pour la construction et la vérification des instruments gradués.

Température en degrés C.	Densité + 4° C = 1	Volume + 4° C = 1	Poids dans l'air de 1.000 cc. d'eau pesés avec des poids de laiton.	Valeur de $nc\theta$; $n = 1$
+ 4	1.000000	1.000000	998.277	— 0.0002948
5	0.999990	1.000010	998.871	— 0.0002620
6	0.999970	1.000030	998.852	— 0.0002412
7	0.999933	1.000067	998.823	— 0.0002144
8	0.999886	1.000114	998.779	— 0.0001876
9	0.999821	1.009176	998.721	— 0.0001608
10	0.999747	1.000253	998.648	— 0.0001340
11	0.999655	1.000354	998.560	— 0.0001072
12	0.999549	1.000451	998.450	— 0.0000802
13	0.999430	1.000570	998.341	— 0.0000536
14	0.999299	1.000701	998.215	— 0.0000268
15	0.999160	1.000841	998.081	—
16	0.999002	1.000999	997.921	+ 0.0000268
17	0.998841	1.001116	997.769	0.0000536
18	0.998654	1.001348	997.585	0.0000814
19	0.998460	1.001542	997.395	0.0001072
20	0.998250	1.001744	997.189	0.0001340
21	0.998017	1.001957	996.989	0.0001608
22	0.997828	1.002177	996.774	0.0001876
23	0.997601	1.002405	996.550	0.0002144
24	0.997367	1.002641	996.320	0.0002412
25	0.997120	1.002888	996.077	0.0002680
26	0.996836	1.003144	985.826	0.0002948
27	0.996603	1.003408	995.566	0.0003216
28	0.996331	1.003682	995.297	0.0003484
29	0.996051	1.003965	995.020	0.0003725
30	0.99575	1.00125	994.723	0.0001020
31	0.99547	1.00455	994.445	0.0004288
32	0.99517	1.00186	994.150	0.0004556
33	0.99485	1.00518	993.834	0.0004824
34	0.99452	1.08551	993.508	0.0005092
35	0.99418	1.00586	993.170	0.0005360

Instruments jaugés et gradués.

Les instruments *jaugés*, comme les ballons, les pipettes etc., sont destinés à mesurer une quantité invariable de liquide : les instruments gradués au contraire, comme les burettes, les éprouvettes etc., permettent de mesurer des volumes variables. La plu-

part d'ailleurs de ces instruments peuvent être gradués ou jaugés de telle sorte qu'ils servent à mesurer aussi bien des volumes fixes que des quantités variables.

Il y a une autre différence à établir entre les instruments gradués. Les uns ont pour but de contenir un volume déterminé de liquide, comme les fioles de 100-110 cc. dont on se sert pour l'analyse des sucres ; d'autres au contraire ont pour but de fournir par écoulement ce même volume de liquide, comme les burettes et les pipettes. Les instruments de la première catégorie contiennent jusqu'au trait de jauge le volume de liquide pour lequel ils sont gradués, mais ils ne peuvent le fournir lorsqu'on vide le liquide par retournement, une partie non négligeable de celui-ci restant adhérente par capillarité aux parois du vase.

Ces instruments sont, comme on dit en terme de métier, *jaugés secs*, par opposition à ceux de la deuxième catégorie qui sont *jaugés mouillés*. Ainsi une pipette de 10 cc. laisse écouler 10 cc. de liquide, non compris celui qui reste adhérent à sa paroi intérieure.

Les *ballons* et *carafes* sont jaugés secs. On ne doit donc pas les employer à prélever des volumes de liquides pour les transporter dans d'autres vases ; ils donneraient des valeurs trop faibles, à moins qu'on ne puisse les laver et ajouter, sans inconvénient, les eaux de lavage au premier liquide.

Les *burettes et les pipettes* sont jaugées ou graduées mouillées.

Les *éprouvettes à pied* sont graduées sèches ou mouillées suivant l'usage auquel on les destine.

Vérifications des ballons et carafes. — On les vérifie à l'aide de la balance par la méthode de la double pesée. Nous supposons le vase jaugé à la température de 15°, et la température du laboratoire également de 15°.

Le flacon vide, bien propre et bien sec et mis sur l'un des plateaux de la balance avec des poids formant un nombre de grammes et fractions égal au poids du volume d'eau qu'il doit contenir, soit 99 gr. 8081 pour un flacon de 100 cc. Sur l'autre plateau on met des poids pour faire exactement équilibre. Puis on retire les 99 gr. 8081 et on introduit avec précaution de l'eau distillée dans le vase jusqu'à rétablissement de l'équilibre. Si la fiole est bien jaugée, le volume du liquide correspondra exactement au trait de jauge.

Si l'affleurement n'a pas lieu exactement au trait de jauge, on enlève ou on ajoute du liquide pour produire cet affleurement, puis pour rétablir l'équilibre, on ajoute des poids sur l'un ou l'autre plateau, suivant que le volume était trop fort ou trop faible. On détermine ainsi l'erreur de jaugeage.

Au lieu d'employer la balance, on peut faire la vérification au moyen d'une pipette *étalon*, c'est-à-dire dont le jaugeage est rigou-

reux. Après l'avoir remplie on laisse écouler dans la fiole le liquide qu'elle contient en observant les précautions indiquées plus loin. Si le ballon est bien jaugé, le liquide doit atteindre la ligne circulaire. Dans le cas contraire on détermine l'erreur, en retirant ou en ajoutant du liquide jusqu'au trait, en se servant d'une pipette graduée en 1/10 de cent. cube.

Jaugeage des ballons et carafes. — On opère exactement comme pour la vérification. Une fois le poids convenable d'eau introduit dans le ballon, on le place sur une table bien horizontale, et l'on trace sur le col, soit au crayon spécial, soit avec une pointe enduite d'une dissolution de cire à cacheter dans l'essence de térébenthine, un trait passant par le plan tangent à la surface convexe du ménisque formé par le liquide. On trace ensuite sur ce trait, à l'acide fluorhydrique ou à la meule, un trait circulaire gravé dans le verre.

Dans la pratique le jaugeage se fait toujours par comparaison, à l'aide de *pipettes* ou de *burettes étalons.*

Pipettes jaugées à un ou deux traits.

Dans une pipette jaugée à un trait, la pointe retient toujours, après l'écoulement complet, un certain volume de liquide que certains chimistes chasent, en soufflant, dans le vase où s'est fait l'écoulement. Cette pratique est vicieuse, car elle laisse sur les parois intérieures de la pipette des quantités variables de liquide, suivant qu'on souffle plus ou moins fort ou plus ou moins longtemps. Pour la même raison on ne doit pas non plus souffler dans la pipette pour en hâter la vidange. La règle à suivre dour l'emploi de la pipette à un trait doit être celle-ci : après l'avoir remplie par aspiration, et avoir amené le ménisque à être tangent au plan de la ligne de jauge, on fait toucher la pointe de la pipette à la paroi mouillée du récipient contenant le liquide, pour en détacher la goutte adhérente. On laisse ensuite l'écoulement se produire librement, et quand il est terminé on touche de nouveau avec la pointe de la pipette pour en détacher la goutte adhérente, la paroi mouillée du récipient où s'est fait l'écoulement, en s'abstenant toujours de souffler dedans.

La pipette à deux traits est à conseiller de préférence à l'autre pour les dosages rigoureux.

Vérification, — On tare sur la balance un verre de Bohême accompagné de poids représentant le poids de l'eau distilée que doit contenir la pipette (9 gr. 9808 pour une pipette de 10 cc. à 15°), puis on enlève ces poids, et on laisse couler dans le verre l'eau de la pipette convenablement remplie. Si elle est exactement jaugée, la balance reprendra son équilibre, sinon il faudra ajouter des poids

sur l'un ou l'autre plateau suivant que la jauge sera trop forte ou trop faible.

On peut ne pas se servir de la balance si l'on possède une *éprouvette étalon graduée* de faible diamètre. Voici comment on opère:

Pour la pipette à un trait, après l'avoir préalablement mouillée en la remplissant une première fois, on la remplit de nouveau en aspirant de l'eau placée dans l'éprouvette étalon. Le volume enlevé de l'éprouvette doit être égal au volume marqué sur la pipette.

Pour la pipette à 2 traits, après l'avoir préalablement mouillée, on la remplit jusqu'au trait inférieur (zéro), puis la portant dans l'éprouvette étalon, on la remplit jusqu'au trait de jauge supérieur. Le volume enlevé de l'éprouvette doit être exactement égal au volume marqué sur la pipette.

Jaugeage d'une pipette à 2 traits. — Après avoir essayé si son volume est convenable en aspirant de l'eau placée dans une éprouvette graduée, on marque un trait à un point donné sur la tige supérieure, puis on la remplit de nouveau par aspiration jusqu'à ce trait, et on laisse écouler le liquide dans un vase tarée sur la balance comme nous l'avons expliqué pour la vérification. Lorsque l'équilibre est rétabli on s'arrête, et l'on trace sur la tige inférieure un second trait passant par le plan tangent au ménisque. On grave ensuite comme d'habitude.

Dans la pratique, on ne se sert pas de la balance, mais de l'*éprouvette étalon graduée*, de faible diamètre, comme pour la vérification.

Vases gradués. — Burettes, pipettes, éprouvettes.

Vérification. — On tare sur la balance un verre de Bohême, accompagné des poids en cuivre et platine représentant le poids des centimètres cubes d'eau distillée que contient la burette ou la pipette, On fait couler à plusieurs reprises dans le vase, 2 ou 3 cc. par exemple, du liquide de l'instrument et à chaque fois, on enlève du plateau de la balance le nombre de poids représentant celui de l'eau écoulée. Si la burette est bien jaugée, l'équilibre de la balance doit s'établir chaque fois. Si elle est bien calibrée, les divisions doivent être équidistantes. On peut aussi vérifier ces instruments par comparaison avec d'autres bien étalonnés.

Graduation. — Le premier soin du constructeur est de s'assurer d'abord, à l'aide d'instruments *ad hoc* de la cylindricité et du calibrage des tubes de verre employés. Le verre étant choisi et ayant reçu la forme convenable on y introduit à plusieurs reprises à l'aide d'une burette ou d'une pipette étalon, des volumes égaux de liquide.

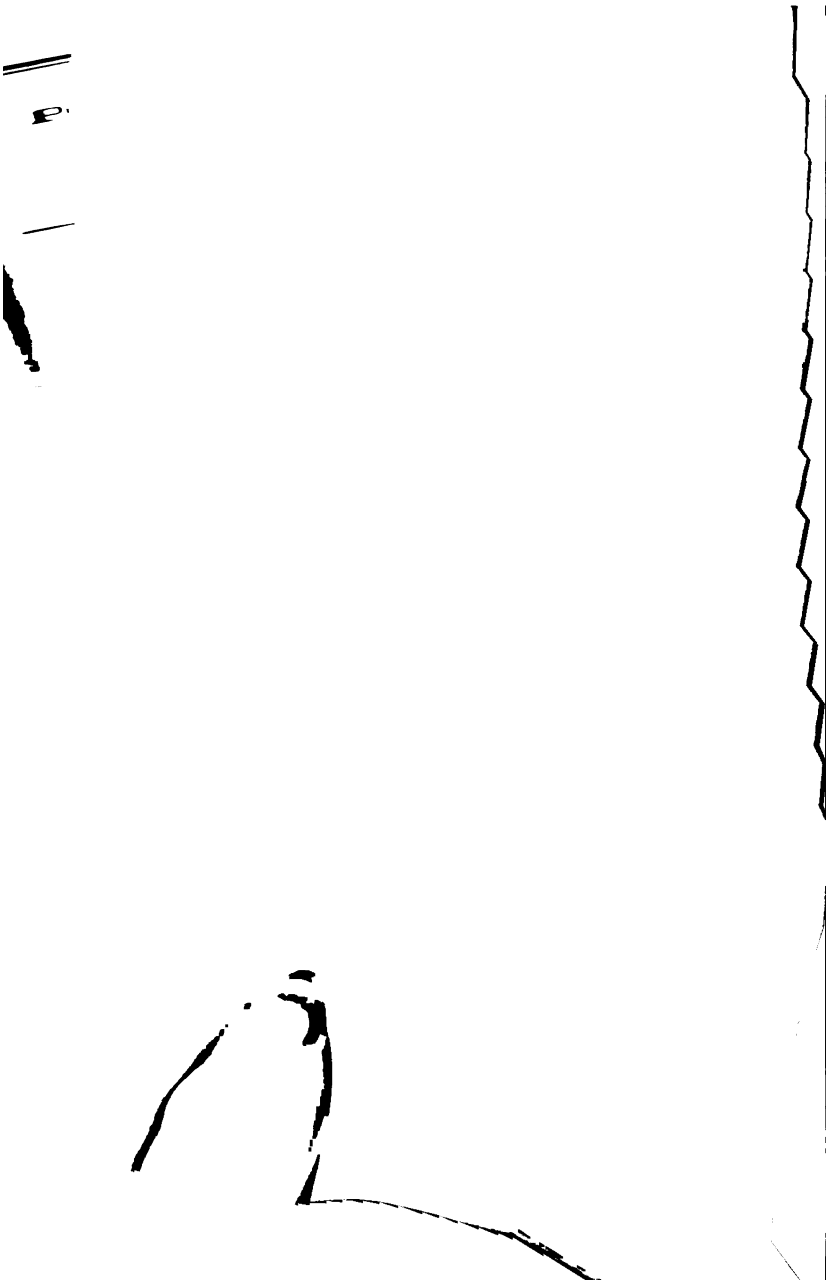
en marquant chaque fois des traits de repère au niveau du liquide, L'instrument sera bien calibré si les volumes égaux de liquide occupent le long de la tige des hauteurs égales. A l'aide d'une machine à diviser, on divise ensuite la hauteur de l'instrument en parties égales, centimètres cubes, 1/2 cc., 1/10 de cc., ou en divisions arbitraires.

(94) *Inversion* LINDET.

Barême pour la formule sucre °/₀ $= \dfrac{(T-t) - 0.489\,T}{0.81}$

calculé par M. GÉRARD.

Nombres à multiplier par 0.489 ou à diviser par 0.81	Produit par 0.489	Quotient par 0.81	Nombres à multiplier par 0,489 ou à diviser par 0.81	Produit par 0.489	Quotient par 0.81
20.0	9.8	24.69	**28**.0	13.7	34.57
20.2	9.9	24.94	28.2	13.8	34.81
20.4	10.0	25.19	28.4	13.9	35.06
20.6	10.1	25.43	28.6	14.0	35.31
20.8	10.2	25.68	28.8	14.1	35.56
21.0	10.3	25.93	**29**.0	14.2	35.80
21.2	10.4	26.17	29.2	14.3	36.05
21.4	10.5	26.42	29.4	14.4	36.30
21.6	10.6	26.67	29.6	14.5	36.54
21.8	10.7	26.91	29.8	14.6	36.79
22.0	10.8	27.16	**30**.0	14.7	37.04
22.2	10.9	27.41	30.2	14.8	37.28
22.4	11.0	27.65	30.4	14.9	37.53
22.6	11.1	27.90	30.6	15.0	37.78
22.8	11.1	28.15	30.8	15.1	38.02
23.0	11.2	28.40	**31**.0	15.2	38.27
23.2	11.3	28.64	31.2	15.3	38.52
23.4	11.4	28.89	31.4	15.4	38.77
23.6	11.5	29.14	31.6	15.5	39.01
23.8	11.6	29.38	31.8	15.6	39.26
24.0	11.7	29.63	**32**.0	15.6	39.51
24.2	11.8	29.88	32.2	15.7	39.75
24.4	11.9	30.12	32.4	15.8	40.00
24.6	12.0	30.37	32.6	15.9	40.25
24.8	12.1	30.62	32.8	16.0	40.49
25.0	12.2	30.86	**33**.0	16.1	40.74
25.2	12.3	31.11	33.2	16.2	40.99
25.4	12.4	31.36	33.4	16.3	41.23
25.6	12.5	31.60	33.6	16.4	41.48
25.8	12.6	31.85	33.8	16.5	41.73
26.0	12.7	32.10	**34**.0	16.6	41.98
26.2	12.8	33.35	34.2	16.7	42.22
26.4	12.9	32.59	34.4	16.8	42.47
26.6	13.0	32.84	34.6	16.9	42.72
26.8	13.1	33.09	34.8	17.0	42.96
27.0	13.2	33.33	**35**.0	17.1	43.21
27.2	13.3	33.58	35.2	17.2	43.46
27.4	13.4	33.83	35.4	17.3	43.70
27.6	13.5	34.07	35.6	17.4	43.95
27.8	13.6	34.32	35.8	17.5	44.20



DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE PREMIER

Analyse de la Betterave.

industrie sucrière, on détermine la richesse de la betterave . méthodes générales : la *méthode directe* et la *méthode e.*

éthode directe consiste à déterminer le sucre directement betterave réduite en pulpe. C'est la seule rigoureusement

éthode indirecte consiste à doser le sucre sur le jus de la bet- extrait par pression, et à passer, à l'aide du calcul, de la se du jus à celle de la racine même. Si l'on trouve par exem- e la betterave contient 95 p. 100 de jus et que ce jus renferme 100 de sucre, la teneur saccharine de la betterave serait de 5 — = 10.45 p. 100.

nalyse directe, surtout depuis que la méthode Pellet est bien ue, tend de plus en plus à se substituer à l'analyse indirecte. amoins cette dernière ayant encore de nombreux partisans, nous lonnerons une description très complète.

I

Analyse de la betterave par la méthode indirecte ou analyse du jus.

La substance qu'il importe avant tout de connaître dans la com- osition du jus de la betterave, c'est le sucre. On le détermine soit ar des procédés *physiques*, soit par des procédés *chimiques*.

Nombres à multiplier par 0.489 ou à diviser par 0.81	Produit par 0.489	Quotient par 0.81	Nombres à multiplier par 0.489 ou à diviser par 0.81	Produit par 0.489	Quotient par 0.81
72.0	35.3		**79**.0	38.7	
72.2	35.4		79.2	38.8	
72.4	35.5		79.4	38.9	
72.6	35.6		79.6	39.0	
72.8	35.7		79.8	30.1	
73.0	35.8		**80**.0	39.2	
73.2	35.9		89.2	39.3	
73.4	36.0		80.4	39.4	
73.6	36.1		80.6	39.5	
73.8	36.2		80.8	30.6	
74.0	36.3		**81**.0	39.7	
74.2	36 4		81.2	39.8	
74.4	36.5		81.4	39.9	
74.6	36.6		81.6	40.0	
74.8	36.7		81.8	40.1	
75.0	36.8		**82**.0	40.2	
75.2	36.9		82.2	40.3	
75.4	37.0		82.4	40.4	
75.6	37.1		82.6	40.5	
75.8	37.2		82.8	40.6	
76.0	37.3		**83**.0	40.7	
76.2	37.4		83.2	40.8	
76.4	37.5		83.4	10.9	
76.6	37.6		83.6	41.0	
76.8	37.7		83.8	41.1	
77.0	37.8		**84**.0	41.2	
77.2	37.8		81.2	41.3	
77.4	37.9		84.4	41.4	
77.6	38.0		84.6		
77.8	38.1				
78.0	38.2				
78.2	38.3				
78.4	38.4				
78.6	38.5				
78.8	38.6				

GUIDE PRATIQUE

DU

CHIMISTE DE SUCRERIE

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE PREMIER

Analyse de la Betterave.

Dans l'industrie sucrière, on détermine la richesse de la betterave par deux méthodes générales : la *méthode directe* et la *méthode indirecte*.

La méthode directe consiste à déterminer le sucre directement sur la betterave réduite en pulpe. C'est la seule rigoureusement exacte.

La méthode indirecte consiste à doser le sucre sur le jus de la betterave, extrait par pression, et à passer, à l'aide du calcul, de la richesse du jus à celle de la racine même. Si l'on trouve par exemple que la betterave contient 95 p. 100 de jus et que ce jus renferme 11 p. 100 de sucre, la teneur saccharine de la betterave serait de $\frac{11 \times 95}{100} = 10.45$ p. 100.

L'analyse directe, surtout depuis que la méthode Pellet est bien connue, tend de plus en plus à se substituer à l'analyse indirecte. Néanmoins cette dernière ayant encore de nombreux partisans, nous en donnerons une description très complète.

I

Analyse de la betterave par la méthode indirecte ou analyse du jus.

La substance qu'il importe avant tout de connaître dans la composition du jus de la betterave, c'est le sucre. On le détermine soit par des procédés *physiques*, soit par des procédés *chimiques*.

Les deux principales méthodes consistent dans la détermination de la densité du jus et dans la détermination de son pouvoir rotatoire.

Nous commencerons par la *densité* ou *analyse aréométrique du jus.*

Densité.

Ce procédé expéditif et grossier d'analyse de la betterave est basé sur ce fait vérifié par l'expérience, que plus un jus de betterave est dense, plus il est riche en sucre.

Le jus de betterave n'est autre chose que de l'eau tenant en dissolution *du sucre*, *des sels* et des *matières organiques.*

Ces trois genres de substances agissant sur la densité, il en résulte que celle-ci ne donne pas, à proprement parler, la quantité de sucre contenu dans le jus, mais bien la quantité de *substances totales* qu'il tient en dissolution. Toutefois, on a remarqué que dans les betteraves normales, la teneur saccharine du jus est généralement en rapport avec la densité et augmente avec elle.

Les tables 18 et 19 indiquent la proportion de sucre qu'une dissolution sucrée pure contient à diverses densités. C'est ainsi qu'une solution sucrée pure ayant une densité de 1.050 ou 5° contient 13 gr. 290 de sucre pour 100 cc. ou 12 gr. 658 pour 100 gr. Un jus brut de même densité, contient naturellement moins de sucre, puisque à côté de celui-ci, il y a des sels et des matières organiques qui influencent la densité.

D'après de nombreux essais, on a reconnu qu'un jus de betterave à 5° de densité contient au moins, dans 100 cc., 2 gr. de sucre pour 1° de densité, soit 10 gr. Au fur et à mesure que la densité augmente, la proportion de sucre contenu dans le jus croît également.

Le tableau suivant indique, approximativement, le sucre correspondant à la densité, pour 100 cc. de jus.

Densité	Sucre 0/0 cc	Sucré pour 1 de densité.	Densité	Sucre 0/0 cc	Sucre pour 1 de densité.
4 »	7.5	1.87	7 »	15.7	2.24
4.1	7.8	1.90	7.1	15.9	2.24
4.2	8 »	1.90	7.2	16.2	2.25
4.3	8.2	1.90	7.3	16.5	2.26
4.4	8.5	1.92	7.4	16.7	2.26
4.5	8.8	1.95	7.5	16.9	2.26
4.6	9.1	1.97	7.6	17.2	2.26
4.7	9.4	2 »	7.7	17.4	2.26
4.8	9.6	2 »	7.8	17.7	2.26
4.9	9.9	2.02	7.9	17.9	2.26
5 »	10.3	2.06	8 »	18.1	2.26
5.1	10.6	2.07	8.1	18.4	2.27
5.2	10.9	2.09	8.2	18.6	2.27
5.3	11.2	2.11	8.3	18.9	2.29
5.4	11.5	2.13	8.4	19.1	2.28
5.5	11.9	2.16	8.5	19.4	2.28
5.6	12.1	2.16	8.6	19.7	2.29
5.7	12.4	2.17	8.7	19.9	2.29
5.8	12.7	2.19	8.8	20.2	2.30
5.9	12.9	2.19	8.9	20.5	2.30
6 »	13.2	2.20	9 »	20.7	2.30
6.1	13.4	2.20	9.1	21 »	2.30
6.2	13.7	2.20	9.2	21.2	2.31
6.3	13.9	2.20	9.3	21.5	2.31
6.4	14.1	2.20	9.4	21.7	2.31
6.5	14.4	2.21	9.5	22 »	2.31
6.6	14.6	2.21	9.6	22.2	2.31
6.7	14.9	2.22	9.7	22.5	2.31
6.8	15.2	2.23	9.8	22.8	2.31
6.9	15.4	2.23	9.9	22.1	2.31

Il est évident que ce tableau n'est qu'approximatif et qu'il varie d'une année à l'autre et d'une usine à l'autre. Il ne représente que des moyennes.

La différence existant entre la quantité de sucre contenu réellement dans le jus et les substances totales dissoutes, représente les impuretés ou *non-sucre.* Nous y reviendrons plus loin.

Bien que la densité ne soit qu'un moyen approximatif de dosage du sucre dans la betterave, nous allons cependant indiquer dans tous ses détails la manière de la déterminer rigoureusement, parce qu'elle a une grande importance en sucrerie, tant au point de vue des transactions entre fabricants et cultivateurs, qu'au point de vue du calcul du degré de pureté des jus.

Voyons d'abord *ce que c'est que la densité.*

La densité d'un corps est le rapport qui existe entre le poids de

Nombres à multiplier par 0.489 ou à diviser par 0.81	Produit par 0.489	Quotient par 0.81	Nombres à multiplier par 0.489 ou à diviser par 0.81	Produit par 0·489	Quotient par 0.81
36.0	17.6	44.44	**45**.0	22.0	55.56
36.2	17.7	44.69	45.2	22.1	55.80
36.4	17.8	44.94	45.4	22.2	56.04
36.6	17.9	45.19	45.6	22.3	56.30
36.8	18.0	45.43	45.8	22.4	56.54
37.0	18.1	45.68	**46**.0	22.5	56.79
37.2	18.2	45.93	46.2	22.6	57.04
37.4	18.3	46.17	46.4	22.7	57.28
37.6	18.4	46.42	46.6	22.8	57.53
37.8	18.5	46.67	46.8	22.9	57.78
38.0	18.6	46.91	**47**.0	23.0	58.02
38.2	18.7	47.17	47.2	23.1	58.27
38.4	18.8	47.41	47.4	23.2	58.52
38.6	18.9	47.65	47.6	23.3	58.77
38.8	19.0	47.90	47.8	23.4	59.01
39.0	19.1	48.15	**48**.0	23.5	59.26
39.2	19.2	48.40	48.2	23.6	59.51
39.4	19.3	48.64	48.4	23.7	59.75
39.6	19.4	48.89	48.6	23.8	60.00
39.8	19.5	49.14	48.8	23.9	60.25
40.0	19.6	49.38	**49**.0	24.0	60.49
40.2	19.7	49.63	49.2	24.1	60.74
40.4	19.8	49.88	49.4	24.2	60.99
40.6	19.9	50.12	49.6	24.3	61.28
40.8	20.0	50.37	49.8	24.4	61.43
41.0	20.0	50.62	**50**.0	24.5	61.73
42.2	20.1	50.86	50.2	24.5	61.98
41.4	20.2	50.11	50.4	24.6	62.62
41.6	20.3	51.36	50.6	24.7	62.47
41.8	20.4	51.60	50.8	24.8	62.72
42.0	20.5	51.85	**51**.0	24.9	62.96
42.2	20.6	52.10	51.2	25.0	63.21
42.4	20.7	52.35	51.4	25.1	63.46
42.6	20.8	52.59	51.6	25.2	63.70
42.8	20.9	52.84	51.8	25.3	63.95
43.0	21.0	53.09	**52**.0	25.4	64.20
43.2	21.1	53.33	52.2	25.5	64.44
43.4	21.2	53.58	52.4	25.6	64.69
43.6	21.3	53.83	52.6	25.7	64 94
43.8	21.4	54.07	52.8	25.8	65.19
44.0	21.5	54.32	**53**.0	25.9	65.43
44.2	21.6	54.10	53.2	26.0	65.68
44.4	21.7	54.81	53.4	26.1	65.93
44.6	21.8	55.06	53.6	26.2	66.17
44.8	21.9	55.31	53.8	26.3	66.42

Nombres à multiplier par 0.489 ou à diviser par 0.81	Produit par 0.489	Quotient par 0.81	Nombres à multiplier par 0.489 ou à diviser par 0.81	Produit par 0.489	Quotient par 0.81
54.0	26.4	66.67	**63**.0	30.8	
54.2	26.5	66.91	63.2	30.9	
54.4	26.6	67.16	63.4	31.0	
54.6	26.7	67.41	63.6	31.1	
54.8	26.8	67.65	63.8	31.2	
55.0	26.9	67.90	**64**.0	31.3	
55.2	27.0	68.15	64.2	31.4	
55.4	27.1	68.40	64.4	31.5	
55.6	27.2	68.64	64.6	31.6	
55.8	27.3	68.89	64.8	31.7	
56.0	27.4	69.14	**65**.0	31.8	
56.2	27.5	69.38	65.2	31.9	
56.4	27.6	69.63	65.4	32.0	
56.6	27.7	69.88	65.6	32.1	
56.8	27.8	70.12	65.8	32.2	
57.0	27.9	70.37	**66**.0	32.3	
57.2	28.0	70.62	66.2	32.4	
57.4	28.1	70.86	66.4	32.5	
57.6	28.2	71.11	66.6	32.6	
57.8	28.3	71.36	66.8	32.7	
58.0	28.4	71.60	**67**.0	32.8	
58.2	28.5	71.85	67.2	32.9	
58.4	28.6	72.10	67.4	33.0	
58.6	28.7	72.35	67.6	33.1	
5.88	28.8	72.59	67.8	33.2	
59.0	28.9	72.84	**68**.0	33.3	
59.2	28.9	73.09	68.2	33.4	
59.4	29.0	73.33	68.4	33.5	
59.6	29.1	73.58	68.6	33.6	
59.8	29.2	73.83	68.8	33.7	
60.0	29.3	74.07	**69**.0	33.8	
60.2	29.4		69.2	33.9	
60.4	29.5		69.4	34.0	
60.6	29.6		69.6	34.1	
60.8	29.7		69.8	34.2	
61.0	29.8		**70**.0	34.3	
61.2	29.9		70.2	34.4	
61.4	30.0		70.4	34.5	
61.6	30.1		70.6	34.6	
61.8	30.2		70.8	34.7	
62.0	30.3		**71**.0	34.8	
62.2	30.4		71.2	34.9	
62.4	30.5		71.4	35.0	
62.6	30.6		71.6	35.1	
62.8	30.7		71.8	35.2	

Nombres à multiplier par 0.489 ou à diviser par 0.81	Produit par 0.489	Quotient par 0.81	Nombres à multiplier par 0.489 ou à diviser par 0.81	Produit par 0.489	Quotient par 0.81
72.0	35.3		**79**.0	38.7	
72.2	35.4		79.2	38.8	
72.4	35.5		79.4	38.9	
72.6	35.6		79.6	39.0	
72.8	35.7		79.8	30.1	
73.0	35.8		**80**.0	39.2	
73.2	35.9		89.2	39.3	
73.4	36.0		80.4	39.4	
73.6	36.1		80.6	39.5	
73.8	36.2		80.8	30.6	
74.0	36.3		**81**.0	39.7	
74.2	36 4		81.2	39.8	
74.4	36.5		81.4	39.9	
74.6	36.6		81.6	40.0	
74.8	36.7		81.8	40.1	
75.0	36.8		**82**.0	40.2	
75.2	36.9		82.2	40.3	
75.4	37.0		82.4	40.4	
75.6	37.1		82.6	40.5	
75.8	37.2		82.8	40.6	
76.0	37.3		**83**.0	40.7	
76.2	37.4		83.2	40.8	
76.4	37.5		83.4	10.9	
76.6	37.6		83.6	41.0	
76.8	37.7		83.8	41.1	
77.0	37.8		**84**.0	41.2	
77.2	37.8		84.2	41.3	
77.4	37.9		84.4	41.4	
77.6	38.0		84.6		
77.8	38.1				
78.0	38.2				
78.2	38.3				
78.4	38.4				
78.6	38.5				
78.8	38.6				

GUIDE PRATIQUE

DU

CHIMISTE DE SUCRERIE

DEUXIÈME PARTIE

CHAPITRE PREMIER

Analyse de la Betterave.

Dans l'industrie sucrière, on détermine la richesse de la betterave par deux méthodes générales : la *méthode directe* et la *méthode indirecte*.

La méthode directe consiste à déterminer le sucre directement sur la betterave réduite en pulpe. C'est la seule rigoureusement exacte.

La méthode indirecte consiste à doser le sucre sur le jus de la betterave, extrait par pression, et à passer, à l'aide du calcul, de la richesse du jus à celle de la racine même. Si l'on trouve par exemple que la betterave contient 95 p. 100 de jus et que ce jus renferme 11 p. 100 de sucre, la teneur saccharine de la betterave serait de $\frac{11 \times 95}{100} = 10.45$ p. 100.

L'analyse directe, surtout depuis que la méthode Pellet est bien connue, tend de plus en plus à se substituer à l'analyse indirecte. Néanmoins cette dernière ayant encore de nombreux partisans, nous en donnerons une description très complète.

I

Analyse de la betterave par la méthode indirecte ou analyse du jus.

La substance qu'il importe avant tout de connaître dans la composition du jus de la betterave, c'est le sucre. On le détermine soit par des procédés *physiques*, soit par des procédés *chimiques*.



Avec le foret-râpe. on perce la betterave sensiblement au quart de sa longueur, comptée depuis le collet jusqu'à la partie où la racine se rétrécit rapidement vers son autre extrémité. On peut prendre l'échantillon soit perpendiculairement, soit obliquement à l'axe de la betterave, pourvu que le foret rencontre l'axe au quart de la longueur. La richesse de cet échantillon représente très sensiblement la richesse moyenne de la betterave. Si l'on perçait la betterave plus près du collet, l'échantillon serait moins riche que la moyenne de la betterave ; si au contraire l'échantillon était prélevé plus bas, il serait plus riche que la moyenne.

Pression. — La pulpe obtenue est pressée de manière à en faire sortir la majeure partie du jus que l'on recueille dans un vase propre et sec. La composition du jus extrait se rapprochera d'autant plus de celle du jus normal de la betterave que la pression aura été *plus forte.* Aussi recommandons-nous d'opérer avec des presses énergiques.

Les presses (fig. 7. 8 et 9) donnent d'excellents résultats.

La presse à levier (fig. 10), a l'avantage d'être rapide et de presser assez fort quand on a soin d'augmenter la longueur du levier par l'adjonction d'un tube en fer de 50 à 70 centimètres de longueur; mais elle offre l'inconvenient suivant : quand on exerce la pression rapidement sur le levier, le jus sort en abondance *très émulsionné et chargé d'air*, de sorte que la densité en est momentanément très affaiblie ; ce n'est qu'au bout d'un temps assez long que l'air étant expulsé, le densimètre accuse la densité réelle.

D'après de nombreux essais faits par MM. Ladureau, Leplay, Sachs, Chevron et nous, il résulte que le jus qui s'écoule de la râpure sous une pression énergique, a une densité et une richesse inférieures à célui qui est obtenu à l'aide d'une faible pression.

En soumettant de la râpure à des pressions croissantes, M. Ladureau a trouvé les résultats suivants :

	Pression par centimètre carré			
	2 k.	10 k.	20 k.	40 k.
1er essai. Densité.	6°5	6°1	5°5	4°1
2e — —	5 6	5 3	4 9	4 5
3e — —	5 5	5 2	5 »	4 4

M. Chevron, professeur à l'Institut agricole de Gembloux, a trouvé des résultats analogues, mais avec un écart beaucoup moindre entre la densité du jus initial et celle du jus final.

Fig. 3.

Nous avons fait, de notre côté, de nombreux essais pour vérifier ces faits, et nous avons constamment trouvé que le jus extrait sous une forte pression est moins riche et moins dense que celui qui s'écoule sous une faible pression, telle qu'elle est donnée par les presses à main de laboratoire, mais nous n'avons pas trouvé les écarts considérables signalés par M. Ladureau.

Dans nos nombreux essais avec une presse stérhydraulique pressant jusqu'à 300 atmosphères au manomètre, mais ne donnant en réalité que 65 k. de pression par centimètre carré sur le plateau[1] nous avons obtenu une différence de 0°5 entre la densité du jus sorti sous une faible pression (50 atmosphères au manomètre, ce qui correspond à la pression obtenue au moyen des petites presses à main des laboratoires) et celle du jus le moins dense, recueilli à la pression finale maximum de 300 atmosphères ; mais la différence de densités entre le jus total moyen et celui qui a été recueilli sous une faible pression de 300 atmosphères au manomètre, n'atteint pas un dixième de degré ; elle n'est en moyenne que de 0°08.

Cela n'étonnera pas si l'on considère que la plus grande partie du jus s'écoule sous une faible pression, et qu'à 350 atmosphères on en recueille à peine 15 p. 100 du volume total extrait.

Une presse d'une puissance beaucoup plus considérable, la presse à poulie différentielle (fig. 11 et 12) avec laquelle un homme peut exercer une pression de 150 à 300 k. par centimètre carré sur le plateau, nous a donné des résultats plus accentués. La quantité de jus extrait est plus considérable ; l'écart de densité entre le jus fourni par cette presse et celui que produit une presse ordinaire de laboratoire, a été de près de 2 dixièmes de degré.

Il est évident que pour l'achat des betteraves à la densité, c'est à cette dernière presse que le fabricant doit donner la préférence[2].

Les résultats de nos essais sont consignés dans le tableau suivant :

4 kilogr. de râpure provenant de mêmes betteraves coupées en deux dans le sens longitudinal ont donné en moyenne :

1. La surface du piston de la presse stérhydraulique de Putsch qui nous a servi étant de 21cm², 23 et celle du plateau de 98cm², les pressions au plateau par centimètre carré sont respectivement de 2 k. 16 — 21 k. 66 — 32 k. 5 — 65 k. pour des pressions au manomètre de 10 at. — 100 — 150 — 300.

2. Nous construisons deux modèles différents de presses à double vis : le premier modèle du prix de 150 fr., est représenté fig. 11 ; il permet de presser à la fois 3 k. de râpure avec une pression de 50 k. par cm² sur le plateau lorsqu'un homme de force moyenne manœuvre le volant supérieur, et avec une pression de 120 à 200 k. en manœuvrant le volant latéral.

Le grand modèle, fig. 12, du prix de 200 fr., permet de presser aux mêmes pressions, 10 k. de râpure à la fois. (*Voir pour le calcul de la force de ces presses à la fin de l'Agenda.*)

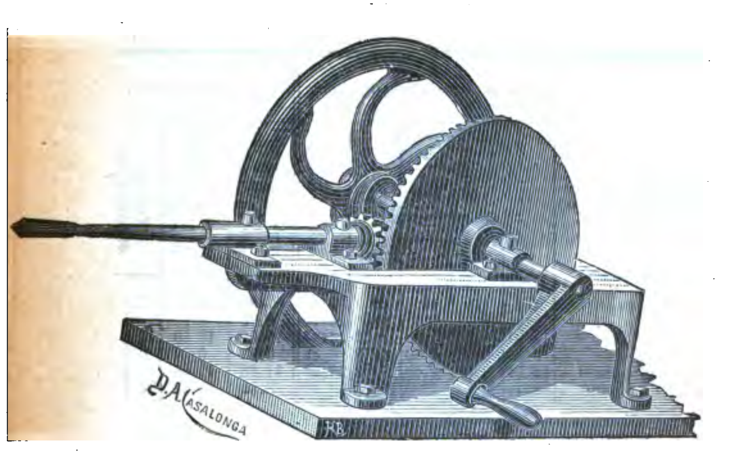


Fig. 4.

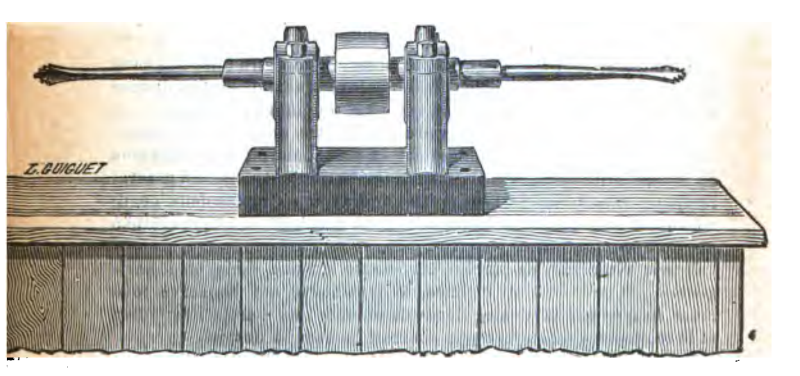


Fig. 5.

Pression au manomètre (atmosphères)	Avec la presse stérhydraulique					Presse à double vis.		
	50	100	200	300	Totaux et moyenne.	En manœuvrant le volant supérieur seul.	Après manœuvre du volant latéral.	Totaux et moyenne.
Jus en c. c..	434	110	11	29	514	480	255	735
Densité	6°9	6°7	6°4	6°0	6°78	6.85	6°1	6°5
Sucre p. °/₀. . . .	15.04	14.67	14.08	13.32	14.82	15.01	13 60	14 5
Cendres —	0.88	0.83	0.80	0.78	0.86	0.87	0 77	0 8
Coefficient saliu .	12.04	17.59	17.50	17.08	17.23	17.25	17 66	17 4
Degré de pureté .	83.41	83.83	84.30	85.38	83.70	83.85	85 53	84 4

Le jus obtenu par pression est d'abord filtré sur un linge s'il contient de la pulpe folle, puis introduit dans une éprouvette à pied, et verre ou en métal. Autant que possible on remplit complètement l'éprouvette de façon à ce que le liquide déborde.

Prise de la densité.

Eprouvette. — Le jus extrait par pression doit être introduit dans une éprouvette en verre ou en métal, en ayant soin de ne pas donner lieu à une production de mousse qui gêne toujours la lecture.

L'éprouvette doit être de plus grand diamètre pour que le densimètre puisse s'y mouvoir librement et soit soustrait aux influences de la capillarité ou de l'adhérence qui fausserait la densité. En général le diamètre intérieur de l'éprouvette doit avoir au moins deux centimètres de plus que celui de la carène du densimètre. L'éprouvette à bec doit être préférée.

Il faut avoir soin de placer l'éprouvette sur une table bien horizontale; si celle-ci était inclinée, le densimètre qui conserve toujours sa position verticale, viendrait toucher les parois intérieures et le frottement ou l'adhérence pourrait fausser la densité.

On emploie beaucoup aujourd'hui le système d'éprouvettes suivant : Le jus sortant de la presse est recueilli dans une éprouvette munie d'un robinet placé à 2 ou 3 centimètres du fond; on laisse reposer suffisamment le jus; puis, avec précaution, on décante le jus

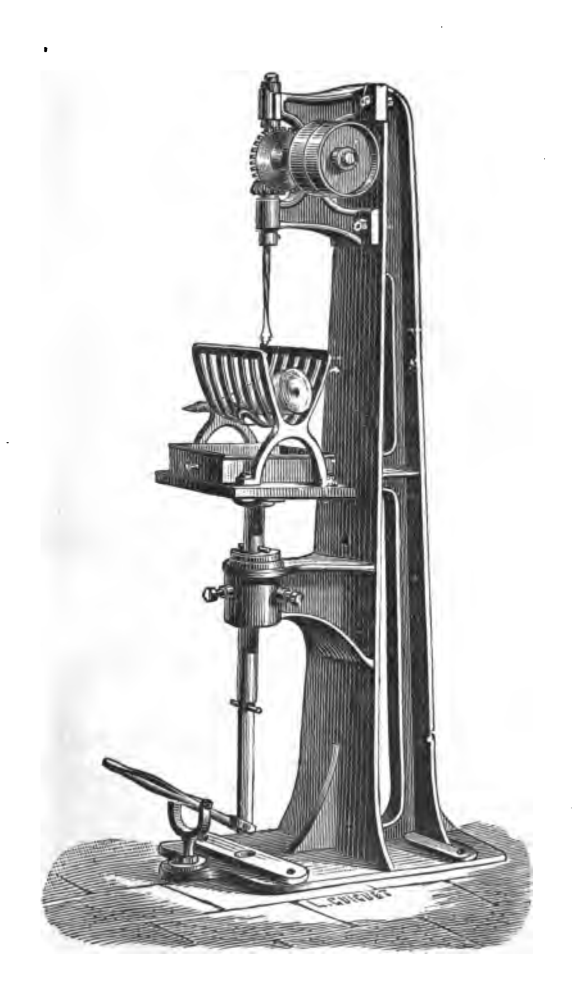


Fig.

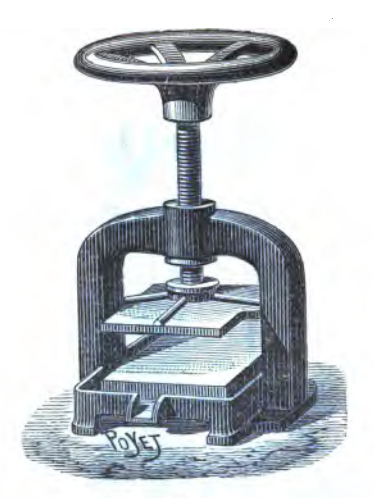


Fig. 7.

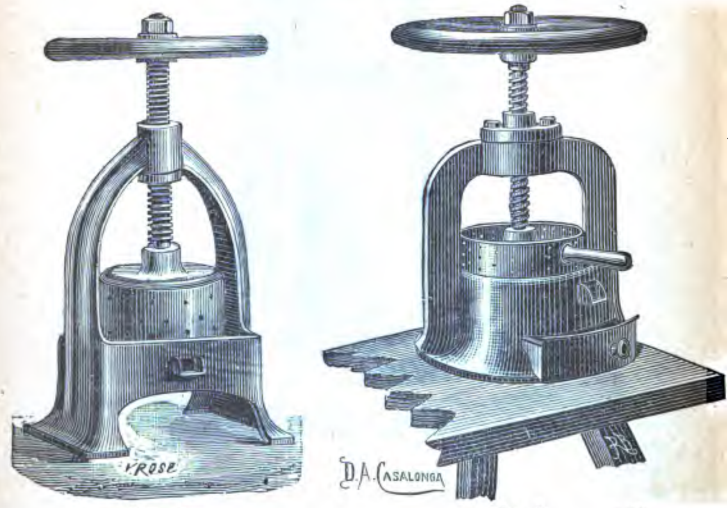


Fig. 8.

Fig. 9.

intermédiaire entre la mousse et les impuretés qui se sont rassemblées dans le fond; et on le reçoit dans une seconde éprouvette; on peut prendre de suite la densité. On emploie encore avec avantage les vases à décantatation cylindriques, très larges, et munis d'un robinet pour le soutirage.

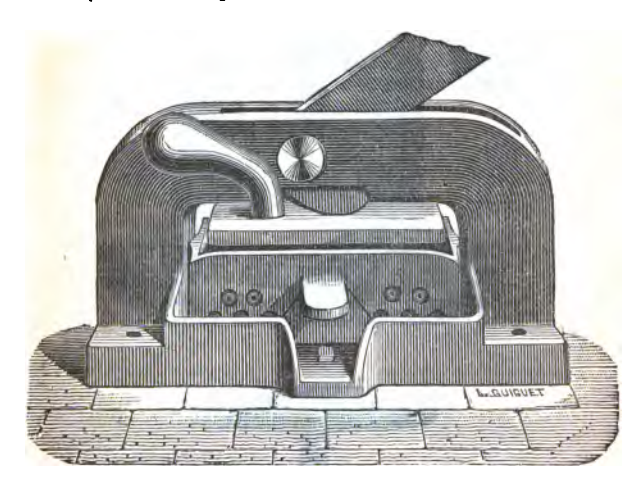


Fig. 10.

Densimètre. — Les densimètres sont aujourd'hui contrôlés et poinçonnés par l'État. Comme la tolérance est de 1/2 dixième au-dessus ou au-dessous, il en résulte que deux densimètres poinçonnés peuvent différer de 1/10. Il y a donc un choix à faire. Ces instruments peuvent porter 1, 2 ou 3 degrés sur la tige, laquelle doit avoir un diamètre minimum de 3 millimètres. L'écartement minimum entre les dixièmes doit également être de 3 m/m.

Les échelles de 5 à 7; de 7 à 9; de 5 à 8; de 7 à 10; de 5 à 6; de 6 à 7; de 7 à 8; de 8 à 9 et de 9 à 10 sont celles qui conviennent le mieux.

Lecture de la densité. — Après avoir abandonné le jus au repos dans l'éprouvette, pendant quelques minutes, pour permettre aux bulles d'air qu'il tient emprisonnées de remonter, on chasse, en soufflant, la mousse qui s'est produite à la surface du liquide, et on y plonge délicatement le densimètre préalablement lavé et essuyé.

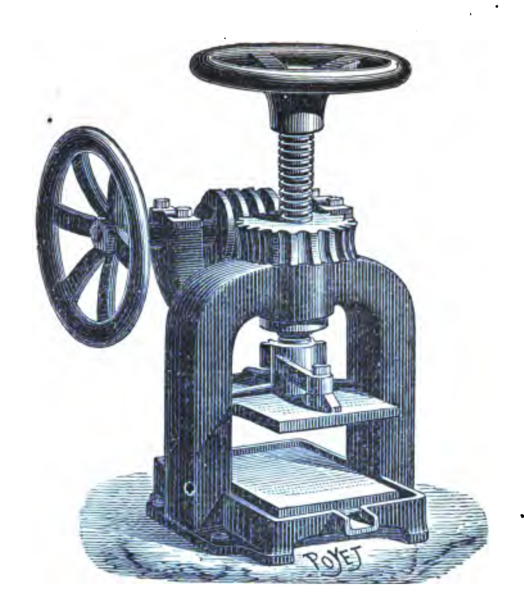


Fig. 11.

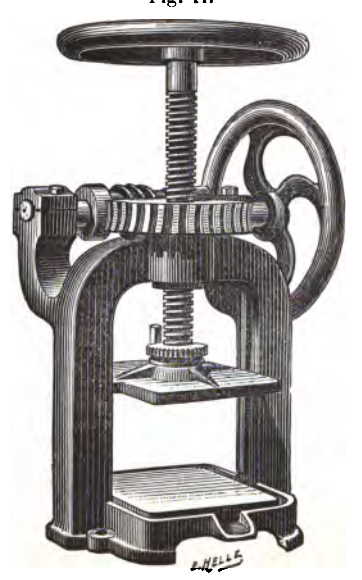


Fig. 12

Après quelques oscillations, il s'arrête à une certaine hauteur de sa tige. La graduation à laquelle il affleure dans le liquide exprime la densité. Il faut attendre avant de faire cette lecture que tout l'air soit parti, c'est-à-dire qu'il ne se forme plus de mousse blanche à la surface du jus, autrement la densité trouvée serait trop faible. Quand deux lectures faites à quelques minutes d'intervalle sont concordantes, la densité lue sur l'instrument peut être considérée comme bonne.

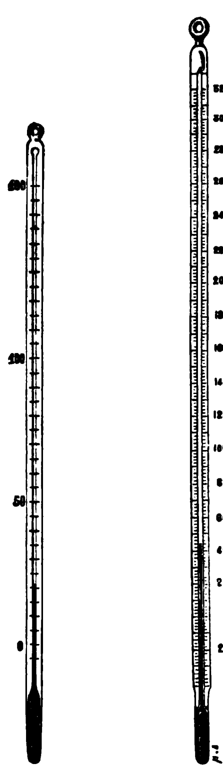


Fig. 13. Fig. 14.

On ne doit pas non plus attendre trop longtemps avant de faire la lecture, parce qu'il se produit parfois rapidement, au sein du jus, une espèce de défécation ou séparation des matières organiques dont les unes se précipitent, et les autres, plus légères, remontent à la surface, phénomène qui peut altérer la densité réelle. L'éprouvette étant exactement remplie de jus, on fait la lecture de la densité en mettant l'œil à la hauteur de la surface du liquide et en regardant par le bec de l'éprouvette.

Correction de température à faire subir à la densité. — La densité est déterminée à la température de 15° c.

Si la température est supérieure ou inférieure à 15°, la densité indiquée par l'aéromètre est ramenée à ce qu'elle serait à + 15°. Ceci n'étant pas facile en été, on a recours à une correction déduite de l'expérience. Ordinairement on augmente ou on diminue la densité de 1/10 de degré par 3° de température au-dessus ou au-dessous de 15°. Mais cette manière empirique de corriger les indications du densimètre n'est pas tout à fait exacte, parce que l'influence exercée par la température sur les liquides sucrés varie : 1° avec la richesse de ceux-ci c'est-à-dire que la correction de température qu'il faut faire subir à un jus qui a 5° de densité n'est pas la même que pour un jus dont la densité est de 7°; 2° avec la température elle-même, suivant qu'elle est plus ou moins élevée; ainsi entre 18 et 19° la dilatation est plus grande qu'entre 10 et 11°.

Nous avons donc dressé des tables qui indiquent les corrections à faire pour chaque cas particulier. (*Voir la table n° 26*). Soit un jus marquant 5°9 à la température de 20° c., la densité corrigée ramenée à 15° est, d'après la table, de 6°.

Thermomètre. — On se sert, pour constater la température des jus, du thermomètre à alcool ou à mercure, *gradué sur tige* (fig. 13 et 14) et non sur monture; ce dernier est rarement juste. La loi de 1889 a également ordonné l'emploi du thermomètre contrôlé à mercure, gradué sur tige, divisé par 1/2 degré et allant de 0° à 45°

1. La Table de correction des densités suivant les températures, par F. Dupont, est imprimée à part et forme un tableau d'un usage très commode dans les laboratoires et aux bascules de réception : Prix 0 fr. 50 l'exemplaire.

Substances totales dissoutes dans le jus.

Degré saccharométrique Vivien. — Degré °/₀ Brix-Dupont. — Degré °/₀ Balling ou Brix.

Les subtances totales dissoutes dans le jus sont constituées par le *sucre*, les *cendres* ou *matières minérales*, et les *matières organiques autres que le sucre.*

Le poids de ces substances est donné par des instruments spéciaux appelés *saccharomètres.*

Le saccharomètre *Vivien* indique le poids des substances totales dissoutes par *100 cc.* ou par *hectolitre* de jus, c'est-à-dire par *volume* de jus. Le saccharomètre *Brix-Dupont* indique le poids des *substances totales dissoutes* par 100 gr. de jus, c'est-à-dire dans un *poids* et non dans un *volume* de jus.

Le sacharomètre *Balling* ou *Brix* diffère du saccharomètre *Brix-Dupont* en ce qu'il est gradué à + 17°5 C. Il est usité en Allemagne où tous les instruments aréométriques sont gradués à cette température; tandis qu'en France ces mêmes instruments sont gradués à + 15° C.

Les saccharomètres indiquent *réellement* non pas les substances totales dissoutes dans le jus, mais le poids de sucre que contiendrait une solution sucrée *supposée pure.* Ainsi à la densité de 106 correspondent les degrés saccharométriques 15°912 Vivien et 15.011 Brix-Dupont. Ces chiffres signifient que dans une solution sucrée *pure* de 106 de densité, il y a 15 gr. 912 de sucre pour 100 cc. ou 15 gr. 011 pour 100 gr. Mais dans la pratique de l'analyse des jus bruts de betteraves, qui ne sont pas des dissolutions de sucre pur, on est convenu que le degré saccharométrique représente le poids des *substances totales dissoutes*, sucre, sels et matières organiques. Il est donc bien évident que le poids des substances totales dissoutes, ou substances sèches, déterminé de cette façon, est erronné, car les impuretés organiques et minérales n'ayant pas la même densité que le sucre, n'influencent pas également l'aréomètre. Toutefois les indications des saccharomètres sont précieuses pour déterminer la valeur relative des jus.

Les tableaux 18 et 19 donnent la concordance entre la densité et les degrés saccharométriques Vivien et Brix-Dupont.

Pour avoir le poids *réel* des substances totales dissoutes dans le jus ou *matières sèches*, il faut dessécher, soit à l'étuve, soit dans l'appareil Courtonne, un poids ou un volume déterminé de jus.

Nous verrons plus loin comment se fait cette détermination.

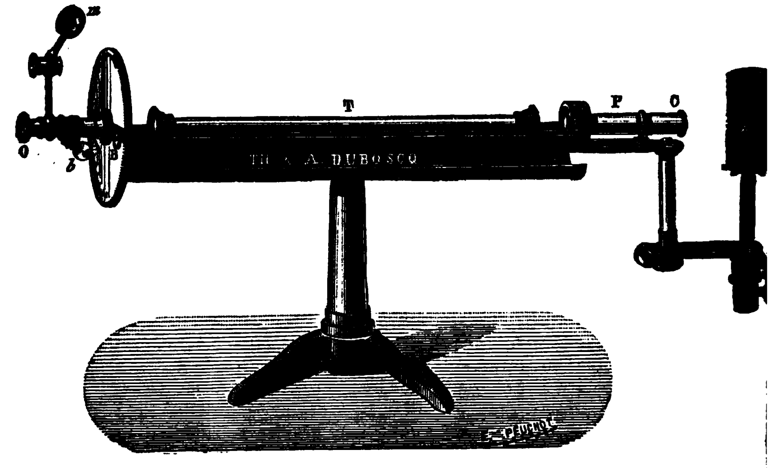


Fig. 15.

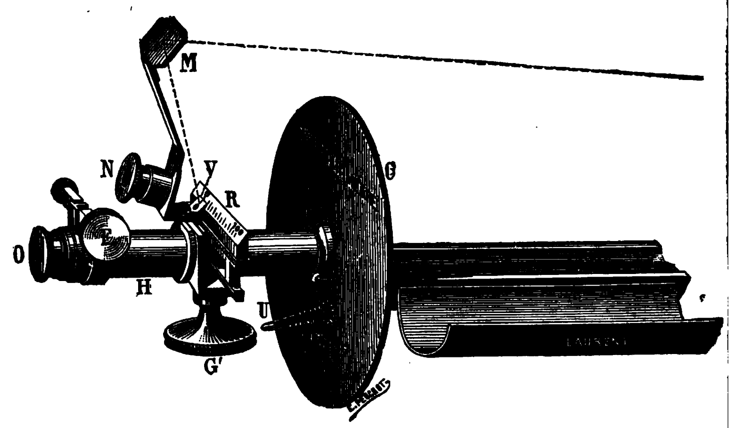


Fig. 16

Détermination du sucre par le saccharimètre.

Saccharimètres. — Avant d'indiquer comment on procède, nous dirons d'abord quelques mots des saccharimètres.

Nous pensons qu'il est inutile de décrire dans un Manuel-Agenda les différents types de saccharimètres ni d'en faire la théorie. On trouve ces renseignements dans tous les traités de physique et dans les catalogues des constructeurs.

Nous dirons seulement que les saccharimètres français sont gradués de telle façon ,qu'une solution contenant 16 gr. 20 de sucre chimiquement pur dans 100 cc., examinée dans un tube de 20 cm. marque une déviation de 100° saccharimétriques.

Pour les saccharimètres allemands, notamment pour le saccharimètre Schmidt et Hensch, le poids normal de sucre est de 26 gr. 048.

Si donc l'on dissout dans l'eau 16 gr. 20 de sucre brut, de manière à former 100 cc. et qu'en examinant la solution au saccharimètre dans un tube de 20 cm., on trouve 99°5, ce sucre contient 99,5 p. 100 de sucre pur et 0,5 p. 100 d'impureté.

Si nous examinons un liquide clair sucré quelconque dans un tube de 20 cm. et qu'on lise par exemple une rotation de 61°6, on raisonne ainsi pour trouver la richesse du liquide :

Si une rotation de 100 degrés indique une richesse de 16 gr. 20 de sucre dans 100 cc., une rotation de 61°6 indiquera $\frac{16.2 \times 61.6}{100} = 9$ gr. 979 de sucre par 100 cc.

Donc on obtient le sucre pour 100 cc. en multipliant les degrés lus par 0.162.

Beaucoup de saccharimètres portent une deuxième graduation décimale, dite *graduation Vivien*, dont 162° = 100° saccharimétriques ; 10 gr. de sucre pur formant une solution de 100 cc. donnent dans un tube de 20 cm. une déviation de 100° à cette échelle. Cette graduation est commode parcequ'elle supprime tous les calculs, et le poids normal des saccharimètres qui la possède est de 10 gr.

Les saccharimètres les plus employés en France sont :

Le saccharimètre à pénombre à lumière monochromatique jaune, de Laurent ou de Duboscq, (fig. 15).

Le saccharimètre à pénombre à compensateur, à lumière blanche de Laurent (fig. 16).

Le saccharimètre à franges et à lumière blanche, de Duboscq

Le poids normal de sucre pour ces saccharimètres est 16 gr. 19 ou 16 gr. 20.

En Allemagne on se sert surtout du saccharimètre à pénombre et à lumière blanche de Schmidt et Hensch, dont le poids normal de sucre est 26 gr. 048.

Pour les laboratoires qui possèdent le gaz, et peuvent par conséquent obtenir la lumière monochromatique jaune, nous conseillons le saccharimètre à pénombre à lumière jaune, qui, quand il est bien construit, est d'une sensibilité extrême (1/10 de degré). Quand on n'a pas le gaz, on produit de la lumière jaune avec un éolipyle dans lequel on brule du pétrole, de l'essence ou de l'alcool; mais cet appareil ne fonctionne pas toujours bien. On a alors recours au saccharimètre à lumière blanche. Avec la lumière d'une lampe à pétrole, ce saccharimètre n'est pas toujours très sensible, parce qu'il présente des colorations sur le disque; mais en s'en servant avec la lumière monochromatique aune il offre une netteté absolue et une facilité d'observation considérable.

Observations sur l'emploi du saccharimètre.

1° Faire la polarisation dans une chambre noire, avec les saccharimètres à lumière jaune. Il vaut mieux aussi la faire dans une chambre noire avec les appareils à lumière blanche, parce que l'observation est plus facile;

2° Employer la lumière monochromatique du sodium, même avec les saccharimètres à lumière blanche. Pour les lampes à pétrole, employer le bec Duplex;

3° Avoir soin que les nacelles de platine du brûleur soient toujours pourvues de sel de sodium;

4° Tenir exactement l'œil dans l'axe de l'apparcil pour faire la polarisation, et dans l'axe de la loupe pour faire la lecture;

5° Mettre bien exactement au point la lunette de Gallilée, de manière à voir les deux demi-disques le plus distinctement possible:

6° Faire le zéro à chaque expérience; ou tout au moins tous les jours;

7° Remplacer les galets ou obturateurs en verre des tubes chaque fois qu'ils sont striés ou que des coloratians apparaissent sur les deux demi-disques du saccharimètre. Ne pas trop les serrer sur les tranches du tube. Les galets sont souvent la cause d'erreurs dans l'observation saccharimétrique; ne jamais hésiter à les sacrifier quand ils sont défectueux;

8° Faire chaque fois plusieurs lectures, en ayant soin de tourner le

tube dans différents sens; en cas de différences, prendre la moyenne des observations.

Mode opératoire. — Dans une fiole exactement jaugée à 100 cc. — 110 cc., on introduit 100 cc. de jus dont la densité a été déterminée; on y ajoute 10 cc. (jusqu'au trait 110 de sous-acétate de plomb liquide normal ou à 30° pour le clarifier ; on agite par retournement, en bouchant l'extrémité de la fiole avec le pouce et l'on filtre ; on rejette les premières gouttes de liquide filtré. On introduit le liquide parfaitement clair dans le tube saccharimétrique de 20 cm. et l'on polarise. Soit 72,3 la lecture du saccharimètre. Ce nombre, augmenté de 1/10 pour tenir compte du sous-acétate de plomb ajouté à 72,3 + 7,23 = 79°53) et multiplié par 0,1629 donne le sucre pour 100 cc.

Subre p. 100 cc. = 79°53 × 0,1619 = 12 gr. 875.

Avec le saccharimètre à divisions Vivien, on aurait lu directement 117;1 ; en ajoutant 1/10, on aurait eu 117,1 + 11.71 = 128.81. Soit 12,881 de sucre pour 100 cc.

On a lieu de faire la polarisation dans un tube de 20 cm., il vaut mieux pour les jus de betteraves et tous les liquides dont le volume a été porté à 110 cc., le faire dans un tube de 22 cm., qui tient compte de la dilution du liquide par le sous-acétate. Dans l'exemple ci-dessus, avec un tube de 22 cm., on aurait lu directement 79°5 degrés saccharimétriques, ou 128°8 degrés Vivien.

La table n° 56 a pour but de supprimer ces calculs et de donner immédiatement le taux de sucre pour 100 cc. de jus.

Sucre p. 100 gr. de jus. — La densité de jus étant 106, son poids est 105,9. nons disons : Si 100 cc. ou 105 gr. 9 de jus contiennent 12 gr. 875 de sucre, 100 gr. en contiendront $\frac{12.875 \times 100}{105.9} = 12.157.$

$$\textit{Sucre p. 100 de jus} = \frac{\text{Sucre 0/0 cc.} \times 100}{\text{Densité} - 0.1}$$

Sucre p. 100 de betteraves. — Pour déterminer le sucre p. 100 de betteraves, il faudrait connaître la proportion de jus contenu dans la betterave. Or, on n'est pas d'accord là-dessus. Tandis que plusieurs chimistes estiment que la betterave contient en moyenne 95 p. 100 de jus, d'autres soutiennent que cette proportion varie entre 87 et 97, et qu'elle est d'autant plus faible que le jus est plus riche; que le coefficient de 95 n'est exact que pour les densités voisines de 6° et de 5°5.

Quoiqu'il en soit, le sucre p. 100 de betteraves s'obtient en multipliant le sucre p. 100 gr. de jus par le coefficient adopté pour repré-

senter la proportion de jus dans la betterave ; soit 95 ce coefficient, nous avons :

$$\text{Sucre 0/0 de betteraves} = \frac{\text{Sucre 0/0 gr. de jus} \times 95}{100}$$ ou bien, en partant du sucre p. 100 de jus :

$$\text{Sucre 0/0 de betteraves} = \frac{\text{Sucre 0/0 cc.} \times 95}{\text{Densité} - 0{,}1} = \frac{12.875 \times 95}{105.9} = 11.519.$$

Le coefficient de 95 de jus peut être admis pour des betteraves dont la richesse est voisine de 10 p. 100 de sucre ; mais pour des richesses plus élevées, il est trop fort, de sorte qu'il exige une correction. D'après les essais de Maerker, Pétermann et Pellet et d'autres, il résulte que les différences entre le dosage direct du sucre dans la betterave et le dosage indirect par l'analyse du jus varient dans des limites dont la moyenne serait de 0.50 p. 100, de sorte qu'en multipliant le taux de sucre par 0.95 et en retranchant du résultat 0.50 on obtiendrait à peu près exactement le taux de sucre p. 100 de betteraves

M. Pagnoul a fait de nombreux essais en 1889 pour déterminer le coefficient à adopter pour passer de la richesse du jus à celle de la betterave, et il est arrivé aux résultats suivants ;

Sur 82 essais, les coefficients trouvés ont été :

1 fois	96	16 fois	92
8 —	95	12 —	91
10 —	94	4 —	90
31 —	93		

La moyenne a été de 92.8, soit 93.

Ceci prouve qu'il est tout à fait impossible de passer avec certitude de la richesse du jus à celle de la betterave. Pour déterminer le sucre contenu dans la betterave, il faut donc le doser directement, comme nous le verrons plus loin.

Non-sucre.

Le non-sucre est constitué par les cendres et les matières organiques.

Le non-sucre = substances totales dissoutes — sucre,

Ou : non-sucre 0/0 cc. de jus = degré Vivien — sucre pour 100 cc.

Ou : non-sucre 0/0 gr. de jus = degré Brix-Dupont — sucre pour 100 gr.

Exemple pour le jus d'une densité de 6° contenant 12 gr. 875 de sucre pour 100 cc.

Non-sucre 0/0 cc. = 15.912 — 12.875 = 3.037.

Non-sucre 0/0 gr. = 15.011 — 12.157 = 2.854.

Cendres.

10 cc. de jus additionnés de quelques gouttes d'acide sulfurique sont introduits dans une capsule de platine tarée, puis évaporés lentement de manière à éviter les projections, soit au bain de sable, soit à l'étuve. Quand la dessication est à peu près complète, on chauffe la capsule sur la flamme d'un bec Bunsen jusqu'à carbonisation, puis on la porte dans la moufle du fourneau (1). On chauffe d'abord tout doucement pour ne pas dépasser le rouge sombre, puis quand tout le charbon est brûlé, on chauffe au rouge blanc pour décomposer les bisulfates, en ayant soin cependant de ne pas fondre les cendres. On laisse refroidir la capsule sous une cloche au-dessus d'un exsiccateur à acide sulfurique ou à chlorure de calcium, puis on pèse. Du poids trouvé *on retranche 1/10* (ce qui revient à multiplier par 0.9) pour tenir compte de l'acide sulfurique ajouté, et l'on multiplie ensuite par 10 ou par 100 pour avoir la cendre pour 100 cc. ou par litre.

Soit 0 gr. 079 le poids des cendres de 10 cc. de jus.

Nous avons :

Cendres 0/0 cc. de jus $= 0.079 \times 0.9 \times 10 =$ 0 gr. 711.

Cendres 0/0 gr. de jus $= \dfrac{\text{Cendres 0/0 cc.} \times 100}{\text{Densité}} =$ 0 gr. 671.

Cendres 0/0 de betteraves = cendres 0/0 gr. de jus $\times$ coefficient de jus $= 0.671 \times 0.95 =$ 0 gr. 637.

Nota. — Pour que le poids des cendres soit réel, il faut que la betterave ait été bien lavée et débarrassée de la terre adhérente, autrement les matières terreuses viendraient l'augmenter. Il est bon par conséquent de n'opérer les analyses que sur les jus décantés

Matières organiques.

On les calcule par différence. Elles sont égales à substances totales dissoutes — (sucre + cendres).

Matières organiques pour 100 cc. = substances totales dissoutes (degré Vivien) — sucre + cendres) $= 15.912 - (12.875 + 0.711) = 2.326$.

Matières organiques pour 100 gr. de jus = degré Brix-Dupont — (sucre + cendres 0/0 gr. de jus) $= 15.011 - (12.157 + 0.671) = 2.183$).

Les matières organiques n'ayant pas la même densité que le sucre et n'agissant pas comme lui sur le densimètre, on a proposé de leur appliquer un coefficient de correction que Stammer, Commerson et Laugier ont fixé à 0.8.

(1) Voir les fourneaux à incinérer à l'*Analyse des sucres*.

En adoptant ce coefficient, on aurait donc :

Substances organiques 0/0 cc. de jus = 2.326 × 0.8 = 1.860.

— — 0/0 gr. de jus = 2.183 × 0.8 = 1.746.

Nous ne sommes pas partisans de cette correction qui n'est évidemment qu'approximative et qui laisse quand même subsister des erreurs. D'ailleurs la détermination des matières organiques n'a qu'une faible importance dans les analyses sucrières, parce qu'on la fait toujours par différence. Il est à souhaiter de trouver un procédé pratique de dosage direct de ces matières.

Eau. — On la dose généralement par différence. Elle est égale à poids du jus — substances totales dissoutes.

Eau 0/0 cc. = poids — degré Vivien = 1059 — 15.912 = 89.988.

Eau 0/0 gr. jus = 100 — degré Brix-Dupont = 100 — 15.011 = 84.989.

Remarque. — Nous avons déterminé par différence l'eau et les substances totales dissoutes, de sorte que les chiffres exprimant leurs poids respectifs sont assurément entachés d'une légère erreur.

Pour doser l'eau directement on dessèche à l'étuve ou dans l'appareil Courtonne 10 cc. ou 10 gr. de jus. La perte de poids représente l'eau, et le poids du résidu représente les substances sèches, ou substances totales dissoutes.

En retranchant du poids des substances sèches, ceux du sucre et des cendres, on a le poids des matières organiques.

La détermination directe de l'eau et des substances sèches dans les jus *bruts* de betteraves, n'a pas une bien grande utilité pratique.

Degré de pureté.

Le degré de pureté n'est autre chose que la proportion de sucre existant sur 100 de substances totales dissoutes. Dans notre exemple, nous avons 12 gr. 875 de sucre sur 15 gr. 912 de substances totales dissoutes, dans 100 nous aurons $\frac{12.875 \times 100}{15.912} = 80.92$ qui est le degré de pureté.

$$\text{Degré de pureté} = \frac{\text{Sucre 0/0 cc.} \times 100}{\text{Degré Vivien}} \text{ ou } \frac{\text{Sucre 0/0 gr.} \times 100.}{\text{Degré Brix-Dupont.}}$$

Il y a le degré de pureté *apparent* et le degré de pureté *réel.*

Le degré de pureté est *apparent* lorsque les substances totales dissoutes ont été déterminées par le saccharomètre ; il est *réel* si ces substances ont été déterminées directement par dessication.

Le degré de pureté *apparent* fait connaître dans une certaine mesure la valeur relative des jus; néanmoins on ne doit pas lui accorder trop de confiance, parce qu'il représente une valeur évidemment erronnée, attendu qu'un de ses facteurs, le poids des substances totales dissoutes est déterminé empiriquement.

Le degré de pureté *réel* ne renseigne pas encore d'une façon bien certaine sur la valeur relative de la betterave, parce que s'il tient compte du *poids* de *toutes* les impuretés du jus, il ne tient pas compte de leur *nature*.

Le degré de pureté des jus bruts de betteraves varie entre 95 et 88°. Quand il est inférieur à 75, la betterave est considérée comme impropre à la fabrication ; les degrés de pureté supérieurs à 88° sont très rares. La betterave à 6° de densité ne doit pas avoir un degré de pureté inférieur à 80°.

Quand la richesse saccharine de la betterave correspond à 2° de sucre pour 1° de densité, le degré de pureté est égal à 74.78.

Rapport du sucre au non-sucre. — On détermine quelquefois le *rapport du sucre au non-sucre* que certains auteurs appelent improprement *coefficient de pureté.*

$$\text{Rapport du sucre au non-sucre} = \frac{\text{Sucre}}{\text{non-sucre}} = \frac{12.875}{2.865} = 4.45.$$

Coefficient salin.

C'est le rapport du sucre aux cendres. On l'appelle aussi *sucre pour 1 de cendres.*

$$\text{Coefficient salin} = \frac{\text{Sucre}}{\text{Cendres}} = \frac{12.875}{0.711} = 18.15.$$

Le coefficient salin donne des renseignements très précis sur la valeur relative des jus, aussi conseillons-nous de toujours doser les cendres pour pouvoir le calculer. Dans les betteraves riches, il peut atteindre jusqu'à 25 et 30, et même 35.

Coefficient organique.

$$\text{Coefficient organique} = \frac{\text{Sucre}}{\text{Matières org.}} = \frac{12.875}{2.326} = 5.53.$$

Ce coefficient n'a aucune valeur lorsque les matières organiques sont dosées par différence, car sur elles sont accumulées toutes les erreurs. Du reste la *nature* des matières organiques a, sur la fabrication du sucre, bien plus d'influence que leur *poids.*

Valeur proportionnelle.

Une betterave aura d'autant plus de valeur qu'elle sera plus riche, c'est-à-dire qu'elle contiendra plus de sucre, et que son degré de pureté sera plus élevé, c'est-à-dire qu'elle contiendra moins d'impuretés minérales ou organiques. Ainsi de deux jus contenant même quantité de sucre, mais dont les degrés de pureté sont différents, le

meilleur sera celui dont le degré de pureté sera le plus élevé. Pareillement de deux jus qui ont même degré de pureté, mais dont les teneurs en sucre sont différentes, le meilleur sera celui qui contiendra le plus de sucre. Il peut se faire qu'un jus plus riche en sucre ait une valeur proportionnelle moindre qu'un autre dont le degré de pureté sera plus élevé, c'est-à-dire qui contiendra moins d'impuretés minérales ou organiques.

Valeur proportionnelle

$$= \frac{\text{Sucre} \times \text{degré de pureté}}{100} = \frac{12.875 \times 80.92}{100} = 10.41$$

La valeur proportionnelle reposant sur le degré de pureté du jus ne peut avoir qu'une valeur très relative. Il faudrait donc dans le calcul de cet élément, faire encore intervenir le coefficient salin en l'additionnant avec le degré de pureté.

Rendement industriel.

Il n'est pas facile de calculer d'une façon exacte le rendement industriel probable de la betterave en sucre parce que ce rendement dépend d'une foule de facteurs : richesse de la betterave, proportion et nature des impuretés qu'elle renferme, perfection plus ou moins grande des procédés de fabrication employés.

M. Vivien a donné la formule empirique suivante pour le rendement industriel de la betterave travaillée par les presses

$$R = \frac{0.776 \times S \times P}{D}$$

dans laquelle S = la quantité de sucre contenue dans le jus ; P = le degré de pureté, et D = la densité du jus.

Il n'est pas besoin de faire remarquer combien cette formule n'est qu'approximative. On peut lui faire deux reproches principaux : D'abord la valeur du coefficient 0,776 est absolument incertaine et arbitraire ; ensuite, le degré de pureté sur lequel elle s'appuie n'a aucune valeur industrielle quelconque, parce que le *poids des matières totales dissoutes*, indiqué par les saccharomètres Vivien ou Brix-Dupont, est *toujours* entaché d'erreur, par la raison que les impuretés du jus (matières organiques et sels) ont une densité différente de celle du sucre, et qui varie avec leur nature. On ne peut donc faire entrer le degré de pureté dans une formule exprimant le rendement industriel de la betterave en sucre.

Mais on obtiendra une indication précieuse et suffisante, si on se base, pour estimer ce rendement, sur le *coefficient salin* de ces jus, parce qu'il a été parfaitement constaté, qu'à part de rares exceptions, le sucre, immobilisé dans les mélasses, est en rapport constant avec

les sels. Ce rapport qui varie entre 3.50 et 4 de sucre pour 1 de sels, est, dans la plupart des cas, de 3.75.

Nous proposons donc de calculer le rendement industriel de la betterave de la manière suivante, en prenant pour base la betterave qui nous a servi de type et qui contient 11.538 p. 100 de sucre, et en supposant une usine travaillant par la diffusion, lavant ses écumes et n'employant pas de noir :

Sucre 0/0 kil. de betteraves........................		11 k. 538
Perte totale de sucre à la diffusion................	0.35	
— — dans les écumes............	0.16	
Pertes à la filtration, à l'évaporation, et dans les différentes manipulations, etc........................	0.50	1 k. 000
Reste		10 k. 538

Ces 10 kil. 538 de sucre se décomposent en sucre obtenu à l'état brut et en mélasse. La quantité de mélasse est facteur de la richesse de la betterave et de sa pureté. Or, on compte dans la pratique, que 1 de sels empêche la cristallisation de 3.75 de sucre. Notre coefficient salin étant de 18.15, c'est-à-dire que le jus de notre betterave, contenant 18.15 de sucre pour 1 de sels, nous aurons comme sucre immobilisé dans les mélasses $\frac{3.75 \times 10.538}{18.15}$ = 2 k. 177............ 2 k. 177

Le rendement industriel en sucre cristallisable =. 8 k. 361

La mélasse contenant ordinairement 45 p. 0/0 de sucre, nous aurons :

Mélasse pour 0/0 de betteraves..................... 4 k. 838

En exprimant par S la teneur en sucre de la betterave (et non du jus) ; par p les pertes totales de sucre et par q le coefficient salin, on peut exprimer le rendement R de la betterave en sucre par la formule suivante :

(4) $$R = S - \frac{(S-p) \times 3.75}{q}$$

Comme les coefficients salins varient, en général, entre 10 et 25, on peut calculer une table des valeurs de $\frac{3.75}{q}$ pour tous les coefficients salins compris entre 10 et 25, et exprimant chacune de ces valeurs par r, nous aurions pour formule du rendement industriel.

(5) $$R = S - (S-p)\, r.$$

Nota. — Comme on produit, en général 2/3 de sucre blanc premier jet, polarisant 99.50 et de 1/3 sucre roux, 2ᵉ et 3ᵉ jets, polarisant 95°, il faut augmenter de 2 p. 100 le rendement R, pour avoir le rendement industriel de la betterave en sucre bruts de tous jets.

APPENDICE

Détermination de la proportion de jus dans la betterave.

Voici les principales méthodes proposées pour déterminer la proportion de jus conteuue dans la betterave.

1re Méthode Grouven-Stammer. On dose successivement, par dessication l'eau dans la betterave découpée en tranches minces, et l'eau dans le jus provenant de cette betterave :

Soit e la quantité d'eau contenue dans 100 de betteraves,
— e' — — — 100 de jus.
et x la quantité de jus cherchée ; on a

$$x = \frac{100\,e}{e'}$$

2e Méthode. On dose le sucre dans le jus comme à l'ordinaire ; on le dose ensuite directement dans la betterave par l'une des méthodes que nous indiquerons plus loin. Soit s le sucre dans 100 de betteraves, et s' le sucre dans 100 de jus, on a pour x qui est la quantité de jus cherché

$$x = \frac{100\,s}{s'}$$

3e Méthode. On pèse un poids déterminé, 25 gr. par exemple de pulpe ; on les lave sur un filtre taré, à l'eau froide d'abord, à l'eau tiède ensuite, et enfin à l'eau distillée bouillante, jusqu'à ce que les eaux de lavage ne contiennent plus de matières solubles de la betterave, ce que l'on reconnaît par l'évaporation d'une goutte du filtrat sur une lame de platine ; il ne doit pas se produire de dépôt. On dessèche le marc à 100°, on le pèse. La différence de poids représente le jus. Soit 1 gr. 40 le poids du marc de 25 gr. de jus ; le poids du jus sera $25 - 1.40 = 23.60$; et pour 100 de pulpe ou de betterave la quantité de jus sera

$$= \frac{23.60 \times 100}{25} = 94.40.$$

Ce procédé doit être employé avec une râpure très fine.

4e Méthode du Dr Von-Lippmann. C'est une variante de la précédente. Un poids déterminé de râpure très finement divisée est introduit dans une petite corbeille formée d'un tissu métallique à mailles très serrées ; on suspend la corbeille dans une éprouvette en verre et on lave la pulpe avec un courant d'eau chauffée à 65-70° C. On achève le lavage avec un mélange d'alcool et d'éther. On sèche ensuite la pulpe à 90° d'abord, puis à 100° jusqu'à persistance de poids. Le

lavage à l'eau non bouillante, puis à l'alcool éthéré a pour but de ne pas dissoudre de substances étrangères au jus.

Les trois premières méthodes laissent à désirer au point de vue de l'exactitude des résultats qu'elles fournissent. La première, en effet, repose sur le dosage de l'eau qui est long, difficile et sujet à bien des erreurs, de plus, le jus extrait par pression n'a pas la même composition que le jus normal de la betterave ; la deuxième méthode, dosant le sucre par deux méthodes différentes donnent des résultats qui ne sont pas absolument comparables, tout en laissant subsister en outre la cause d'erreurs reposant sur l'inégalité de composition du jus normal de la betterave et du jus extrait par pression.

L'épuisement de la pulpe par l'eau bouillante recommandé par la troisième méthode se fait difficilement, de plus, une partie des matières solubles, la poctose, par exemple, se dissout dans l'eau chaude.

On peut admettre cependant que cette dernière méthode bien pratiquée, donne des résultats sensiblement exacts.

La quatrième méthode supprime la cause d'erreur résultant de la solubilité de certaines matières organiques dans l'eau bouillante.

D'après un nombre considérable de dosages exécutés par l'une ou l'autre de ces deux métnodes, on a toujours trouvé que la teneur en marc de la betterave est approximativement de 4.5 à 5.5 p. 100, ou en moyenne de 5 p. 100, ce qui donne pour sa teneur en jus 95 p. 100.

Mais on ne saurait conclure de là que pour passer de la richesse du jus à celle de la betterave, on peut adopter le coefficient 95, parce que, ainsi que nous l'avons déjà dit, le jus extrait par pression et sur lequel l'analyse a été faite, n'a pas la même composition que le jus normal tel qu'il existe dans le tissu de la betterave.

Cette différence de composition des deux jus avait suggéré à différents chimistes l'idée que le taux de jus p. 100 de betteraves variait d'une betterave à l'autre, et que plus la betterave était riche en sucre, moins sa teneur en jus était grande.

C'est ainsi que Pellet, d'après ses analyses et celles de Maercker avait établi le tableau suivant pour les teneurs en jus des betteraves suivant leurs richesses :

96	de jus p. 100	dans une racine	dont le jus contient	10	de sucre.
95	—	—	—	11	—
94	—	—	—	12	—
93	—	—	—	13	—
92	—	—	—	14	—
91	—	—	—	15	—
90	—	—	—	16	—
89	—	—	—	17	—

Mais comme on vient de le voir, la soi-disant pauvreté en jus reprochée aux betteraves riches n'est pas la conséquence de la proportion de substance insoluble, mais de la distribution et de l'état d'hydratation de cette substance.

La tableau ci-dessus de Pellet, bien qu'il soit établi sur des bases erronées, peut cependant servir à calculer avec assez de précision, la teneur en sucre de la betterave, parce que dans l'analyse de la betterave par la méthode indirecte, les choses se passent comme si ces betteraves contenaient réellement la quantité de jus indiquée par le tableau.

II

Dosage direct du sucre dans la betterave.

La méthode indirecte de dosage du sucre dans la betterave par l'analyse du jus ne peut jamais faire connaître bien exactement la composition de la racine, d'abord parce que la quantité de jus contenue dans la plante est variable ou plutôt parce que le jus extrait par pression diffère quelquefois sensiblement de celui qui reste encore dans la pulpe : les essais de MM. F. Sachs, Leplay, Ladureau, Par gnoul, Pellet, Chevron et les nôtres ont montré que la richesse saccharine du jus dépend de la pulpe ainsi que de la force de la pression.

Dans le but d'obtenir des résultats exacts, on a proposé différentes méthodes de dosage direct du sucre dans la betterave. Nous donnerons seulement les principales.

1° *Procédés à l'alcool:*

(*a*) Procédé Scheibler. — Il a été la première solution pratique de ce problème. Il est basé sur une extraction méthodique de la pulpe râpée avec l'alcool. L'auteur a construit un appareil spécial pour faire cette extraction. On opère sur 20 à 25 gr. de pulpe que l'on fait communiquer avec un ballon jaugé à 100 cc. rempli jusqu'à la moitié d'alcool à 90°-95°. On chauffe à l'ébullition pendant 3/4 d'heure. L'alcool monte dans l'appareil, se condence, et redescend en entraînant le sucre contenu dans la pulpe Scheibler a constaté qu'il suffit de chauffer pendant 3/4 d'heure pour que l'extraction soit complète. On laisse refroidir le ballon, on ajoute quelques gouttes de sous-acétate de plomb et on complète le volume avec de l'eau. On filtre et on polarise; on trouve le sucre cristallisable par la formule

$$S = \frac{\text{Degrés lus} \times 0.1619}{\text{Poids de la pulpe employée.}}$$

Quand on opère sur 16 gr. 19 de pulpe, la lecture du saccharimètre donne immédiatement la teneur en sucre de la betterave.

Il est absolument indispensable de s'assurer par une seconde opération comprenant 5 à 6 lavages, que tout le sucre a été extrait par la première, ce qui n'est pas toujours le cas, suivant la grosseur de la pulpe et la richesse de la betterave.

(*b*) Sickel a modifié légèrement le procédé Scheibler, en remplaçant l'extracteur Scheibler par celui de Soxhlet qui permet d'opérer sur une quantité plus grande de pulpe, soit 40 à 50 gr. On a construit un grand nombre de modèles d'extracteurs, mais celui de Soxhlet est le plus généralement employé.

(*c*) Procédé Rapp-Degener. — Dans cette méthode on fait digérer la pulpe avec l'alcool bouillant. On pèse la double prise d'essai de pulpe (32 gr. 40 pour le saccharimètre Laurent, 52 gr. 1 pour le Venzke) que l'on introduit avec 160 cc. d'alcool à 85° et quelques gouttes de sous-acétate de plomb dans un ballon jaugé à 201cc. 4 et dans lequel on place un tube de 50 centimètres de long pour condenser les vapeurs alcooliques. On chauffe le ballon au bain-marie à l'ébullition pendant 15 à 20 minutes. On retire ensuite le tube après l'avoir lavé à l'alcool, et l'on complète le volume de 201 cc. 4 avec de l'alcool froid (il est bon de dépasser le volume de 2 à 3 cc. pour tenir compte de la contraction qui se produira lors du refroidissement). On chauffe encore une fois le ballon pendant deux minutes dans l'eau bouillante, dans le but de rendre bien homogène le liquide. Après refroidissement, on complète avec de l'alcool le volume de 201 cc. 4 et on examine au saccharimètre le liquide filtré. La lecture donne directement la teneur en sucre de la betterave. Pour tenir compte du volume occupé par la pulpe, on jauge le ballon à 201 cc. 4 au lieu de 200 cc., M. Degener, dans le même but, conseille de multiplier par 0.994 la lecture du saccharimètre Venzke, et par 0.9963 celle du saccharimètre Laurent.

(*d*) Procédé Stammer. — Tandis que les auteurs précédents opèrent à une température élevée, M. Stammer opère à froid sur la pulpe réduite en crème par un moulin spécial. On pèse dans une capsule de porcelaine ou de maillechort, 100 gr. de cette pulpe que l'on introduit à l'aide d'un filet d'alcool à 92° dans un ballon de 622 cc. 6 pour le saccharimètre Laurent (on pourrait opérer avec moitié moins de matière pour éviter la dépense d'alcool), et de 386 pour les appareils allemands ; on continue à remplir avec de l'alcool ; on ajoute 7 à 8 cc. de sous-acétate de plomb pour déféqueur ; on complète le volume jusqu'au trait du ballon avec le même alcool, on filtre et on polarise Le nombre de degrés lus au saccharimètre indique directement la teneur saccharine de la betterave.

Pour toutes les filtrations alcooliques il faut avoir soin de placer des plaques de verre sur les entonnoirs et de recueillir les liquides filtrés dans des éprouvettes pour éviter l'évaporation. D'autre part, en général, la polarisation des liquides alcooliques est assez difficile. Il y a des stries au sein du liquide; on doit attendre la netteté de la liqueur pour polariser.

Remarques sur les méthodes précédentes. — L'emploi de l'alcool pour faire la digestion de la pulpe a un avantage, d'après quelques chimistes, c'est d'éliminer un certain nombre de matières organiques polarisantes qui sont précipitées par l'alcool directement, soit par le sous-acétate de plomb en présence de l'alcool (mais sans preuves à l'appui).

Un inconvénient de ces méthodes réside dans la grande dépense en alcool qu'elles exigent, car la récupération de ce liquide par la distillation coûte assez cher. Enfin, en présence de l'alcool il faut éviter l'excès de sous-acétate de plomb qui diminue la polarisation du sucre.

2° *Procédés aqueux:*

Procédé Pellet. — M. H. Pellet a rendu tout à fait pratique le dosage direct du sucre dans la betterave par la *digestion aqueuse*, soit à *froid*, soit à *chaud*. Les deux procédés sont les seuls employés aujourd'hui. Nous allons les décrire rapidement.

Digestion aqueuse à chaud de M. Pellet.

Pour la *digestion à chaud*, on pèse dans une capsule de nickel tarée, sur un trébuchet pesant 100 gr. et sensible à 5 mill., le poids normal ou le double poids normal de pulpe obtenue avec une râpe quelconque : 16 gr. 20 ou 32 gr. 40 pour le saccharimètre Laurent 26 gr. 048 (1) pour le saccharimètre Schmidt et Haensch; on les introduit à l'aide d'un entonnoir en métal et d'un agitateur à bout aplati dans un ballon spécial (ballon Pellet nouveau modèle) jaugé à 200 cc. 200 cc. 85 — 201 c. 70 ; les 0 cc. 85 représentent le volume occupé par le *marc*, cellulose, fibrose et matières insolubles des 16 gr. 20 de pulpe et par le précipité plombique; les 1 cc. 70 représentent ce même volume pour 32 gr. 40 de pulpe. On y ajoute pour 16 gr. 20 de pulpe, environ 5 à 6 cc. de sous-acétate de plomb à 30° B. et de l'eau jusqu'au trait de jauge. On chauffe une demi-heure environ à

(1) On peut aussi faire le volume exact de 200 cc. et alors ne peser que les poids suivants:

16 gr. 09	au lieu de	16.20
32 — 18	—	32.40
25 — 87	—	26.048

80° dans un *bain-marie spécial*, on laisse refroidir, on abat la mousse avec quelques gouttes d'éther ; on acidifie avec quelques gouttes d'acide acétique, on complète s'il y a lieu avec de l'eau, le volume de 200 cc. 85 ou de 201 cc. 70 suivant qu'on a opéré sur 16 gr. 20 ou sur 32 gr 40 de pulpe. On agite, on filtre et on polarise. Quand on opère sur 16 gr. 20 dans un ballon de 200 cc 85, il est préférable de faire la polarisation dans un tube de 40 c. La lecture du saccharimètre donne immédiatement la teneur en sucre de la betterave.

Nota. — Lorsque l'on ne tient compte que du volume occupé par le *marc* et qu'on néglige le volume occupé par le précipité plombique, les ballons sont jaugés à 200 — 200 cc. 7 et 201 cc. 4. Mais il vaut mieux tenir compte des volumes occupés par les deux.

Pour le saccharimètre Schmidt et Haensch, avec prise normale de 26 gr. 048, le volume qui tient compte des deux précipités est 201 cc. 35.

La méthode aqueuse à chaud peut permettre le dosage du sucre avec toutes les pulpes produites au moyen de n'importe quelle râpe. Il suffit de laisser la digestion s'opérer pendant un temps plus ou moins long.

Diffusion aqueuse instantanée à froid de M. Pellet.

Pour appliquer cette méthode il faut avoir de la pulpe suffisamment fine et sans semelles. Cette pulpe est actuellement donnée par trois instruments :

La râpe conique Pellet et Lomont à disque en acier à taille de Keil (fig. 17); le foret-râpe Keil et Dolle (fig. 20); l'appareil Hanriot (fig. 21).

Ce dernier appareil n'est employé que pour l'analyse des betteraves mères.

La pulpe obtenue avec l'un des deux premiers appareils étant bien mélangée, on en pèse le poids normal que l'on introduit dans le ballon spécial dans lequel on a préalablement mis 4 à 5 cc de sous-acétate de plomb à 30° B. On agite, on met quelques gouttes d'éther pour abattre la mousse. On acidifie par quelques gouttes d'acide acétique et l'on complète avec de l'eau le volume de 200 cc. 85. On agite, on filtre et on polarise dans le tube de 40 cm. La lecture du saccharimètre indique directement le sucre pour 100 de betteraves.

Observations sur le procédé de dosage direct du sucre dans la betterave par la digestion aqueuse à chaud ou à froid.

L'important, comme dans tous les procédés directs du reste, est de *bien mélanger la pulpe* avant la prise d'essai. Ce mélange se fait parfaitement et rapidement et d'une façon très simple dans une terrine plate.

La proportion de sous-acétate à 30° à employer est d'environ 20 cc. pour 100 gr. de pulpe. On doit toujours l'introduire dans le ballon avant la pulpe, soit pour le procédé à froid, soit pour le procédé à chaud.

Il faut bien agiter la masse pour répartir uniformément le sous-acétate.

Avoir soin d'acidifier légèrement le liquide pour la polarisation.

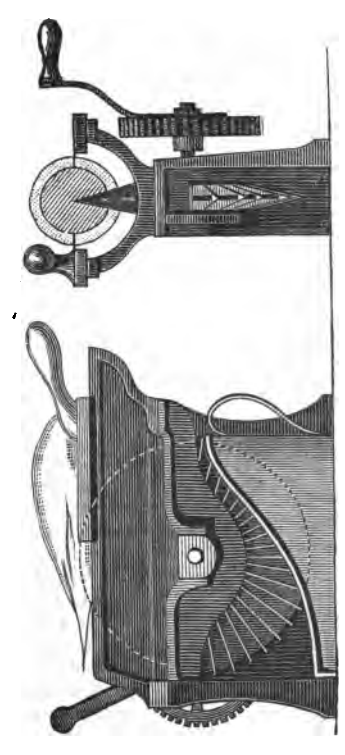
Matériel nécessaire pour le dosage direct du sucre dans la betterave par le procédé Pellet.

1 Trébuchet pesant 100 grammes sensible à 5 milligrammes.
1 Capsule de nickel avec sa tare.
1 Entonnoir en métal.
1 Agitateur à bout aplati.
Des ballons spéciaux jaugés à 200 cc. — 200 cc. 85 — 201 cc. 70.
1 Poids de 16 gr. 20 pour le saccharimètre Laurent,
1 Poids de 32 gr. 40 pour le saccharimètre Laurent
(ou les poids modifiés pour faire 200 cc.)
1 Terrine pour mélanger la pulpe.
1 Compte-gouttes à éther.
1 Compte-gouttes à acide acétique.
1 Bain-marie à cases pour le chauffage des ballons.

Si l'on emploie la digestion instantanée à froid, le bain-marie est inutile, mais alors il faut la râpe conique à disque de Keil pour la production d'une pulpe suffisamment fine et les accessoires pour le nettoyage.

Nota. — Pour l'analyse des betteraves-mères par la diffusion aqueuse instantanée et à froid, on remplace la râpe Keil par le foret Keil ou par l'appareil Hanriot.

Râpe Pellet et Lomont à disque de Keil.


Fig. 17.

Les chimistes connaissent la râpe conique rationnelle de Pellet et Lomont (fig. 17) qui permet de prendre 1/10 à 1/12 de la betterave entière et d'avoir aussi un segment représentant absolument l'échantillon moyen proportionnel de la racine.

Dans les premiers modèles le cone était armé de lames de scies disposées suivant les rayons du cercle comme l'indique la figure, et plus ou moins grosses. Lorsque M. Pellet a reconnu que la pulpe des disques Keil permettait le dosage instantané par *diffusion aqueuse et à froid*, les dents de scie ont été remplacées par la taille Keil, qui représente absolument celle d'une lime à bois désignée sous le nom de râpe à bois.

Le disque, au lieu d'être en bronze comme précédemment est en acier spécial. Il suffit de faire tourner ce disque de 4 ou 500 tours à la minute, soit à la main, soit mécaniquement. Une râpe seule peut permettre d'exécuter par journée de 10 heures, de 200 à 250 échantillons de betteraves composés de 15 à 20 racines, soit 4 à 5.000 racines.

Foret-râpe Keil et Dolle.

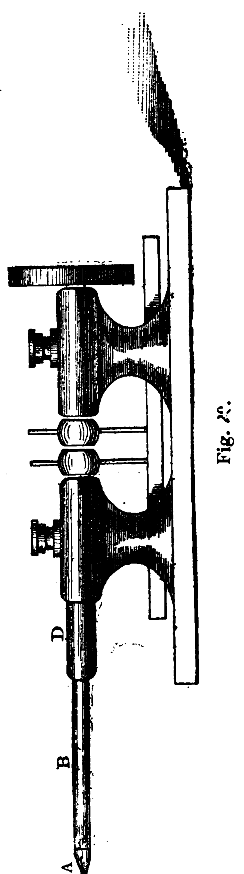


Fig. 18.

Le foret-râpe Keil (fig. 18) donne une pulpe absolument semblable à celle du disque Pellet-Lomont-Keil. Le foret-râpe est surtout applicable à l'analyse des betteraves mères.

Le foret consiste en une pièce principale formée d'un tube creux long de 20 à 25 cm. à l'extrémité duquel on a adapté à baïonnette un cône sur lequel on a disposé des aspérités semblables à celles du disque conique. Au centre et à l'intérieur de ce cône on a soudé une tige qui pénètre de 15 à 18 cm. dans le tube creux, et cette tige porte une petite plaque de fer qui a à peu près le diamètre intérieur du tube creux.

Le foret est animé d'une vitesse de 1.500 à 2.000 tours par minute, et ce au moyen d'un volant à bras d'homme ou d'une machine à faible force. On présente la betterave à l'endroit où elle doit être percée, la pulpe produite passe par trois ouvertures pratiquées sur le cône et vient se loger dans le conduit. Cela exige quelques secondes, puis on arrête la machine par débrayage et on retire le cône, qui amène alors la pulpe qu'on reçoit dans une capsule numérotée. On porte cet échantillon à l'analyse instantanée aqueuse et à froid.

Pour éviter le mélange de la pulpe d'une betterave avec celle d'une autre, on ne prend pas la partie de la pulpe qui se trouve près de la plaque dite obturateur.

Un foret peut sonder de 12 à 1500 betteraves en un jour de 10 heures. Le diamètre du trou perforé est de 14 à 15 millimètres. Le trou est parfaitement net, comme celui pratiqué à l'aide d'une sonde.

CHAPITRE II

Analyse des betteraves porte-graines.

Les betteraves mères doivent être aussi peu endommagées que possible par l'analyse.

On dose directement le sucre qu'elles contiennent par la digestion aqueuse instantanée à froid, en se servant soit du foret-râpe Keil, soit de l'appareil Hanriot.

Si on se sert du foret-râpe Keil on pèse de la pulpe produite dans une capsule de nickel, le quart du poids normal, soit 4 gr. 05 (ou mieux 4 gr. 02 pour tenir compte du volume occupé par le marc) pour le saccharimètre Laurent, que l'on introduit avec 1 cc. de sous-acétate de plomb dans un ballon spécial de Pellet jaugé à 50 cc. On ajoute de l'eau, on agite pour bien mélanger le sous-acétate ; on met quelques gouttes d'éther pour abattre la mousse. On complète le volume de 50 cc. ; on agite, on filtre et on polarise le liquide après l'avoir acidifié avec une goutte d'acide acétique. Le chiffre trouvé au saccharimètre multiplié par 2 indique directement la teneur en sucre de la betterave.

Quand on se sert de l'appareil Hanriot, on découpe d'abord dans la betterave, avec une sonde à main, au tiers de la hauteur, à partir du collet, un cylindre de matière dont on pèse le quart du poids normal. On introduit ensuite ce cylindre de betterave dans la tubulure latérale de l'appareil pour le soumettre au râpage.

L'appareil Hanriot (fig. 19), consiste en une boîte cônique en bronze dur O, ou mieux en acier trempé, munie d'une tubulure latérale et montée sur trois pieds que l'on visse sur une table. Dans cette boîte, dont la paroi intérieure est cannelée dans le sens de la génératrice du cône, se meut une noix animée d'un mouvement de rotation à l'aide d'engrenages C.C'. La vitesse à donner à la noix est de 1.200 à 1.500 tonrs à la minute. Cette noix est taillée en râpe à bois. L'inclinaison des dents, par rapport à l'axe, est de 45°, de façon à aider à l'évacuation de la pulpe et au lavage. La partie supérieure de la noix, sur une longueur de 15 m/m est taillée en cannelures à 45° par rapport à l'axe ; cette disposition a pour but de s'opposer au reflux de la pulpe dans la partie supérieure de la boîte. Pour la facilité du remplacement et du retaillage, la boîte est vissée sur le bâti.

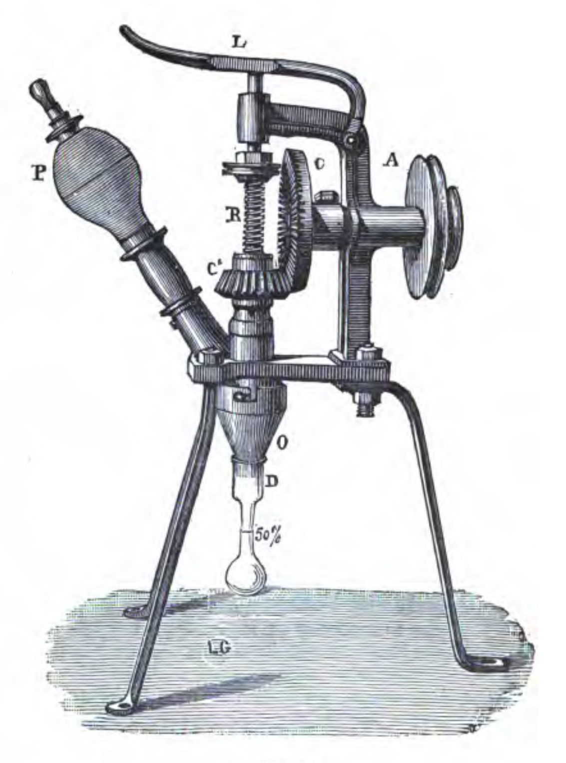


Fig. 19.

L'appareil étant monté, on introduit dans la tubulure latérale, un cylindre de betterave, *pesé d'avance* (4 gr. 022 pour le saccharimètre Laurent, soit le quart de 16 gr. 097), et après avoir mis la noix en mouvement, on le pousse contre elle au moyen d'un pousseur spécial s'engageant à frottement doux dans cette tubulure. La partie inférieure de la boîte se termine en un entonnoir qui s'engage dans un ballon jaugé de 50–55 cc.

Quand le cylindre est râpé, on lave la noix à l'aide d'un jet d'eau qui entraîne dans le ballon jaugé toute la pulpe adhérente à cette noix et aux parois intérieures de la boîte cônique.

Voici comment fonctionne le jet d'eau :

Le pousseur qui est formé d'un cylindre creux d'acier ou de bronze est monté sur une poire en caoutchouc P de 40 à 80 cc. de capacité, suivant que le volume du ballon jaugé dont on fait usage, est de 50 ou de 100 cc Ce cylindre est également du diamètre de la tubulure. Son extrémité est taillée en biseau évidé, suivant le profil de la boîte, de façon à arriver au contact de la noix. Cette extrémité est, sur le pourtour, percée de petits trous par lesquels sort l'eau qui lave la noix et entraîne la pulpe dans le ballon. Un peu au-dessus de la ligne des trous se trouve un petit segment qui s'oppose au reflux de la pulpe dans la tubulure. L'ajutage contient une petite soupape à ressort qui maintient au repos l'eau dans la poire. L'ajutage supérieur de la poire en contient une également qui est folle, mais qui vient s'appliquer sur son siège, quand la poire est pressée elle s'oppose en ce moment au mouvement de reflux de l'eau dans le réservoir d'eau avec lequel l'ajutage est en communication par l'olive qui le termine et par un tube en caoutchouc.

En un mot, l'appareil Hanriot est un moulin à noix de forme spéciale est sur lequel est adapté un dispositif particulier pour nettoyer la noix après chaque opération de râpage.

Avec cet appareil on pèse l'échantillon de betterave avant son râpage, tandis qu'avec le foret Keil on prélève sur la pulpe produite, l'échantillon destiné à l'analyse.

Avec cet appareil, M. Hanriot a pu faire, par jour, 1250 analyses de betteraves porte-graines au printemps de 1890. C'est dire qu'il est tout à fait pratique.

CHAPITRE III

Contrôle chimique de la fabrication du sucre.

Pour le fabricant de sucre le contrôle chimique du travail a une importance capitale dont l'utilité pratique n'est pas moindre que celle de la comptabilité commerciale de l'usine. Sans ce contrôle en effet, il travaille absolument à l'aveugle. Ignorant en même temps et la valeur industrielle de la matière première mise en œuvre et les pertes qu'il subit en cours de fabrication, il lui est impossible dans la plupart des cas, de remédier à un travail défectueux qu'il ne soupçonne même pas.

Il est triste de constater qu'aujourd'hui encore un trop grand nombre de sucreries françaises sont totalement dépourvues de contrôle chimique.

La moitié tout au plus de nos sucreries possède des laboratoires. Dans beaucoup d'entre elles, ces laboratoires ont à leur tête non des chimistes, mais des jennes gens à qui l'on a appris à déterminer une densité et à se servir du polarimètre. Dans d'autres, existe bien réellement un chimiste, mais il est exclusivement employé pendant la fabrication à déterminer les densités des jus des betteraves contradictoirement avec les cultivateurs. Les quelques analyses de cossettes, masses cuites et dosage d'alcalinité qu'il exécute en dehors de ce travail ne sont pas suffisantes pour asseoir les bases d'une comptabilité technique sérieuse.

Enfin dans beaucoup d'usines le chimiste n'est engagé que pour le temps d la fabrication, soit 3 ou 4 mois ; sa situation précaire ne le stimule guère à faire toutes les analyses fort nombreuses et fort délicates que réclame un bon contrôle. Au fond qui oserait l'en blâmer ?

On ne peut que déplorer cet état de choses absolument nuisible aux intérêts de l'industrie sucrière.

Le contrôle raisonné du travail part d'un principe bien simple. On introduit dans la fabrique, sous forme de betterave, une quantité donnée de sucre. A la fin de la fabrication, on doit retrouver cette quantité en additionnant le sucre obtenu à l'état cristallisé, le sucre restant dans la mélasse, et le sucre que par des analyses fréquentes, on a constaté être perdu dans les différents résidus de la fabrication : cossettes épuisées, petites eaux de vidange des diffuseurs, écumes,

eaux de lavage des filtres, etc. On peut donc établir une comptabilité technique de la fabrication, dans laquelle le sucre entré à l'état de betteraves forme le *Doit*, et le sucre récolté à la turbine, le sucre immobilisé dans les mélasses, et celui qui est perdu dans les résidus forment l'*Avoir*.

Si le contrôle a été bien fait, la balance doit s'établir à très peu de chose près. La différence qui doit toujours être très faible, et se trouver du côté de l'*Avoir* représente les *pertes indéterminées ou inconnues* produites soit par des fuites de jus aux serpentins, des entraînements de sirops dans les appareils à évaporer ou à cuire, des caramélisations et destruction de sucre pendant le chauffage, etc. Elles ne doivent pas dépasser dans un bon travail 0.20 du poids de la betterave.

Cette comptabilité technique est le seul moyen pratique que le fabricant ait à sa disposition pour se rendre un compte exact du travail de son usine. De même que le métallurgiste doit retrouver à l'état métallique ou dans les laitiers tout le métal qu'il a introduit à l'état de minerai, dans ses fourneaux, de même le fabricant de sucre doit retrouver à l'état de sucre blanc ou roux, dans les mélasses et dans les résidus de la fabrication, tout le sucre entré dans son usine sous forme de betterave.

Ce moyen lui permet de limiter ses pertes au minimum, d'être tenu journellement au courant de la marche de sa fabrication, d'être renseigné sur les imperfections de son travail et d'y porter remède. Il lui permet en outre de contrôler son propre chimiste qui n'arrivera jamais à établir sa balance si ses analyses sont inexactes.

Le contrôle technique comprend plusieurs opérations distinctes.

On fait d'abord une première prise en charge comprenant tout le sucre entré dans l'usine sous forme de betterave pour être soumis aux différents traitements et manipulations de la fabrication.

Ces traitements et manipulations donnent lieu à des pertes de sucre qu'il importe de connaître et de limiter au minimum. Dans ce but on soumet à l'analyse les divers résidus de la fabrication pour attribuer à chacun la perte qui lui est afférente, et d'autre part, comme moyen de contrôle, on procède à une nouvelle prise en charge du sucre recueilli. La différence entre cette prise en charge et la précédente représente les pertes occasionnées par les traitements intermédiaires, pertes qui doivent être égales à la somme des pertes constatées dans chaque résidu.

C'est ainsi que la différence entre la prise en charge du sucre dans le jus de diffusion et la prise en charge dans la betterave, représente la perte à la diffusion, et doit être égale à la somme des pertes que l'analyse a révélées dans les cossettes épuisées et dans les petites eaux de diffusion.

Pareillement, la différence entre la prise en charge du sucre contenu dans la masse cuite 1er jet et la prise en charge du sucre contenu dans le jus de diffusion indique les pertes dues à la carbonatation, à la filtration, aux écumes, à l'évaporation et à la cuite. Par des analyses diverses des écumes, des eaux de lavage des filtres, des dépôts restés sur les toiles etc., on attribue à chaque opération la perte qui lui incombe. La différence constitue les *pertes inconnues* produites, soit par entraînement du sirop des appareils à évaporer, par des fuites aux serpentins, par caramélisation ou destruction du sucre pendant le chauffage, etc. Ces pertes inconnues doivent toujours être très faibles, sinon il faut en rechercher soigneusement la cause.

Lorsque le travail de la fabrication est achevé, que le sucre a été extrait de la turbine à l'état de 1er jet, 2e jet, 3e jet, etc., il ne reste qu'un résidu, la mélasse, dans laquelle on fait une dernière prise en charge du sucre qu'elle contient. La somme du sucre récolté à la turbine en différents jets et du sucre contenu dans la mélasse finale doit représenter le sucre contenu dans la masse cuite 1er jet. S'il y a un manquant, et il doit être faible, il représente la perte afférente au travail des bas produits.

Le contrôle chimique de la fabrication se résume donc en un certain nombre d'analyses de résidus et de différents produits fabriqués ou en cours de fabrication.

Les méthodes d'analyse de ces produits sont fort nombreuses, de sorte que l'on ne rencontrerait pas deux usines où le contrôle soit fait absolument de la même manière. Il en résulte que les résultats obtenus ne sont pas comparables entre eux d'une usine à l'autre.

Nous avons pensé qu'il y aurait intérêt à unifier ces méthodes et à recommander celles qui paraissent les meilleurs et d'une application plus facile. Les fabricants désireux de se renseigner sur la valeur de leur travail comparé à celui de leurs confrères auront ainsi des points de comparaison tout à fait sûrs et d'une grande utilité. C'est ce que nous avons essayé de faire.

Le contrôle chimique de la fabrication comprend donc :

1° Détermination du sucre entrant dans la fabrication sous forme de betteraves. Analyse de la betterave et des cossettes.

2° Détermination du sucre contenu dans le jus de diffusion, et pertes à la diffusion ; analyse du jus de diffusion, des cossettes épuisées et des petites eaux de vidange des diffuseurs ;

3° Prise en charge du sucre contenu dans la masse cuite 1er jet et dans la mélasse, et pertes à la carbonatation, à la filtration, à l'évaporation, à la cuite, aux turbinages ; analyses des écumes, de la mass cuite, de la mélasse et du sucre.

4° Analyse des différents produits en cours de fabrication, en vue de la qualité du travail, jus, sirops, alcalinité, dosage de la chaux et des sels de chaux, etc.

I

Détermination du sucre entrant dans le travail sous forme de betteraves.

Pour le contrôle chimique de la fabrication du sucre, nous ne conseillons pas, du moins pour les usines à diffusion, l'analyse de la betterave, à cause des difficultés que présente l'échantillonnage de cette matière.

Nous pensons qu'il vaut mieux analyser la cossette fraîche entrant dans le diffuseur, parce qu'il est plus facile d'en former un échantillon moyen et homogène, chaque poignée que l'on prélève à chaque diffuseur provenant d'un grand nombre de betteraves.

Dosage direct du sucre dans la cossette fraîche.

Pour cela on peut opérer de la façon suivante : on prélève pendant le chargement de chaque diffuseur trois poignées de cossettes, une au commencement, l'autre au milieu et la troisiéme à la fin, et on les met dans un vase en zinc ou en fer galvanisé, ou mieux en cuivre étamé de 10 litres de capacité environ, muni d'un couvercle fermant bien. Quand le vase est plein, c'est-à-dire environ toutes les deux ou trois heures, on procède à l'analyse. Les dix litres de cossettes sont étalées sur une table en carreaux émaillés et intimement mélangés ; on en prélève environ 1 kil. que l'on passe rapidement à plusieurs reprises au *hache-cossettes à lames mobiles coupantes* (fig. 20) ou au *hache-cossettes américain à disque perforé* (fig. 21).

La râpure est reçue dans une terrine que l'on recouvre d'une plaque de verre pour éviter l'évaporation. On mélange intimement cette pulpe à l'aide d'une spatule, et on pèse dans une capsule de nickel tarée, le poids normal ou le double poids normal, soit 16 gr. 20, ou 32 gr. 40 que l'on introduit comme pour l'analyse de la betterave, dans un ballon spécial jaugé à 200 cc. — 200 cc. 85 — 201 cc. 70 ; on continue à opérer comme nous l'avons dit plus haut à propos de l'analyse de la betterave. Seulement la pulpe étant plus grossière, il est prudent de chauffer durant une heure au lieu de une demi-heure.

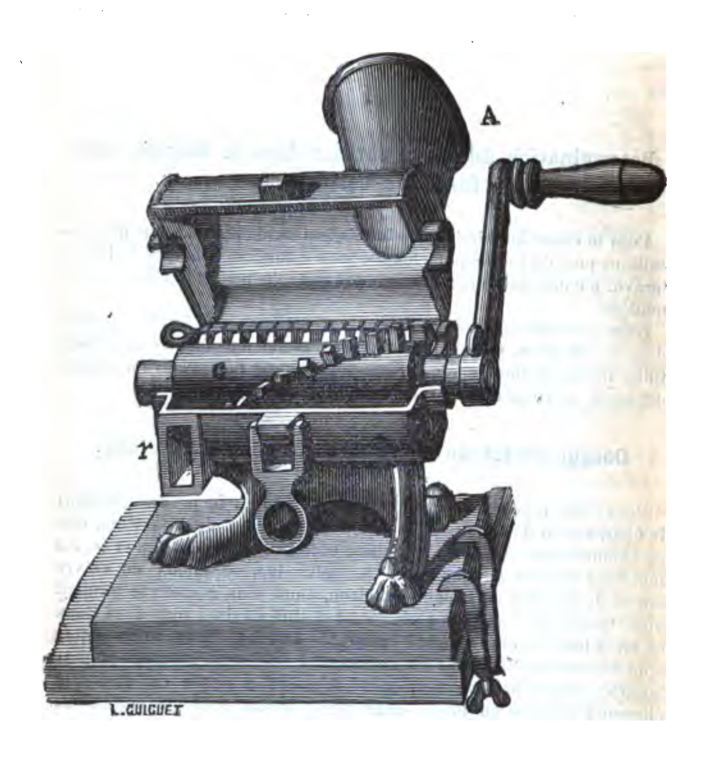


Fig. 20.

L'analyse doit être faite en double et parfois même en triple.

Les ballons munis d'une pince à numéros sont déposés dans un bain-marie à 12 cases. Quand les 12 cases sont pleines on chauffe. Après refroidissement, on bat la mousse, on acidifie, on affleure au trait de jauge, on filtre et on polarise.

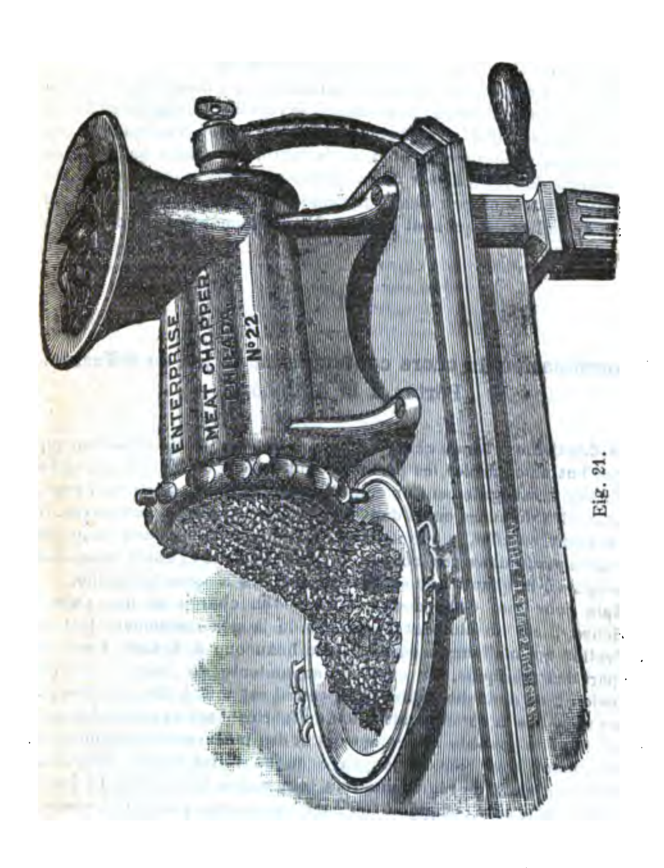


Fig. 21.

Si l'on a opéré sur 32 gr. 40 de cossettes, et qu'on ait fait un volume de 201 cc. 70, la polarisation dans un tube de 20 cm donne immédiatement la richesse centésimale de la cossette. Si on lit 16.40 la cossette contient 16.40 p. 100 de sucre.

En multipliant la teneur de la cossette en sucre par le poids de

betteraves travaillées (poids donné chaque jour par la bascule de la régie), on obtient le sucre entré en fabrication. *C'est la prise en charge générale du sucre entré en fabrication.*

Nota. — La teneur en sucre de la cossette qui donne bien exactement le sucre total entré dans l'usine, ne représente pas la richesse de la betterave telle qu'on l'obtient à la réception. La cossette, en effet, est analysée avec le collet de la betterave tandis qu'on le fait disparaître dans l'analyse de la racine proprement dite. De plus, la cossette contient un peu d'eau empruntée au lavoir, et des debris de fanes, de radicelles qui sont généralement éliminés dans l'analyse de la betterave.

II

Détermination du sucre contenu dans le jus de diffusion. Pertes à la diffusion.

La deuxième prise en charge du sucre dans le jus de diffusion, qui a pour but de contrôler les pertes produites par le travail même de la diffusion, est également un contrôle de la première prise en charge, c'est-à-dire du sucre entré dans l'usine sous forme de betteraves. Il est évident, en effet, que la somme du sucre contenu dans le jus et du sucre perdu dans les cossettes épuisées et les petites eaux doit être égale à la quantité de sucre trouvée dans la cossette fraîche.

Mais pour que cette deuxième prise en charge ait une valeur sérieuse, il est absolument nécessaire de jauger exactement le jus, opération qui malheureusement laisse beaucoup à désirer. Dans la plupart des fabriques, en effet, on se contente de jauger le jus de diffusion à un demi-hectolitre près, ce qui est tout à fait insuffisant. Nous appelons la sérieuse attention du fabricant sur ce point. Aujourd'hui que l'on possède des compteurs et des mesureurs très exacts et fonctionnant très bien, le jaugeage du jus n'offre aucune difficulté. D'ailleurs il suffit de régler une fois pour toutes la quantité de jus à tirer des diffuseurs ; elle doit toujours être la même et ne pas varier, car nous savons qu'il n'est pas nécessaire de tirer plus de jus d'une betterave riche que d'une betterave pauvre ; on fait seulement varier la densité.

On peut donc arranger le bac jaugeur pour tirer toujours 110 — ou 120 litres de jus au plus par 100 kil. de betteraves.

Il n'y a que la confection des cossettes, suivant qu'elles sont plus ou moins fines, plus ou moins nettement découpées, qui puisse faire varier le nombre d'hectolitres de jus extrait des diffuseurs, parce que

ceux-ci contiennent un poids variable de cossettes suivant leurs dimensions. Le fabricant doit donc apporter encore tous ses soins pour que la cossette soit toujours la même et d'une confection irréprochable.

Non seulement on doit jauger rigoureusement le jus, mais encore en déterminer la température avec soin, pour en ramener le volume à ce qu'il doit être à la température de 15°. Pour faire ces corrections, nous pensons qu'on peut adopter le coefficient de dilatation de l'eau.

Pour éviter les erreurs auxquelles peut donner lieu cette correction de volume, nous conseillons vivement de toujours extraire à la même température, les jus de la betterave. Si la diffusion est bien conduite, le chauffage régulier, l'épuisement constant, et la quantité de jus extraite toujours la même, la température des jus sortant ne doit pas varier et accuser ces soubresauts qu'on remarque sur les cahiers de contrôle de certaines usines. La constance de la température dans les jus au sortir de la diffusion est un indice d'un travail régulier.

L'échantillon du jus que l'on prélève pour l'analyse doit bien représenter la moyenne et être proportionnel au volume total. Il représentera la moyenne si, avant de prélever on a soin de remuer, d'agiter le jus pour le rendre homogène ; il sera proportionnel au volume total, si on en prélève une colonne sur toute la hauteur du bac ; mais comme on tirera toujours le même volume de jus du diffuseur, on pourra se contenter d'en prélever toujours comme échantillon, le même volume, soit 50 ou 100 cc. qu'on mettra dans une carafe jaugée de 1 litre ou 2 litres dans laquelle on aura mis préalablement 10 p. 100 de sous-acétate de plomb à 30° B.

Dans une autre carafe semblable, mais ne contenant pas de sel plombique, on mettra également à chaque diffuseur 50 cc. ou 100 cc. de jus. Ce dernier servira au dosage des cendres, des matières organiques, etc., et à la prise de la densité. Quant à l'analyse du jus de diffusion on la fait comme nous l'avons expliqué pour l'analyse du jus de betteraves.

Pour le contrôle de la diffusion, on doit noter en outre :

La quantité de jus extrait par diffuseur ;

Le nombre de diffuseurs faits dans la journée ;

La quantité de betteraves travaillées.

Nous conseillons le modèle de tableau suivant pour le poste de diffusion ; on le change toutes les 12 heures :

Avec ces renseignements, on calcule le sucre entré en fabrication au jour le jour, et depuis le commencement de la fabrication ;

Le sucre extrait passé dans le jus de diffusion ;

La perte en sucre à la diffusion par la *différence* entre celui contenu dans la betterave et celui retrouvé dans le jus.

ATELIER DE DIFFUSION

RELAIS DE JOUR (OU NUIT)

CHEF DE BATTERIE :

Le *188*

De *heures du* *à* *heures du*

Numéro d'ordre	Numéro du diffuseur.	Heure de l'extraction du jus.	Densité du jus.	Température du jus.	Hectolitres de jus.	Causes des Arrêts.
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
etc.						
etc.						

RÉSUMÉ

Densité moyenne du jus.
Température moyenne du jus.
Densité ramenée à 15°C.
Diffuseurs, soit hectolitres.
Diffuseurs antérieurs, soit hectolitres.
Diffuseurs, à ce jour, soit hectolitres.
Chaudières, soit hectolitres.
Chaudières antérieures, soit hectolitres.

Chaudières à ce jour soit hectolitres.
Pesées de betteraves, soit kil.
Pesées antérieures, soit kil,
Pesées à ce jour, soit kil.
Jus par 100 kil. de betteraves, litres.
Betteraves par hectolitre et par degré, kil.

On a ainsi tous les éléments du contrôle journalier pour remplir les tableaux placés au commencement de l'*Agenda*.

Mais on doit en outre doser directement le sucre perdu à la diffusion en faisant l'analyse des cossettes épuisées et des petites eaux

Analyse des cossettes épuisées.

On fera l'échantillonnage des cossettes épuisées comme celui des cossettes fraîches.

On obtient environ pour 100 kil. de betteraves 80 a 90 kil. de cossettes épuisées simplement égouttées sur la plaque perforée placée sous la diffusion. Dans chaque usine le chimiste doit déterminer cette proportion.

On dose l'eau, la matière sèche et le sucre.

Eau et matière sèche. — On dessèche à l'étuve à 100-110° un poids de 5 gr. de cossettes placées dans une capsule de platine sèche ou mieux sur une feuille de platine à bords relevés. On arrête la dessiccation lorsque deux pesées successives à un quart d'heure d'intervalle, donnent le même poids, soit 0.69 le poids trouvé.

On a :
Matière sèche p. 100. $0.69 \times 20 = 13.80$.
Eau p. 100 . . . . $100 - 13.80 = 86.20$.

Sucre. — Pour le contrôle de la diffusion on se contente généralement de doser le sucre, sans s'occuper de l'eau et de la matière sèche.

(*a*) Pour doser le sucre, on peut employer à la rigueur, la *méthode Pellet de digestion aqueuse à chaud.*

On pèse le double du poids normal (soit 32 gr. 40 pour le saccharimètre Laurent) de cossettes préalablement divisées au hache-viande à lames coupantes; puis on les introduit dans le ballon spécial Pellet de 201 cc. 75 avec 4 cc. de sous-acétate de plomb; on ajoute de l'eau jusqu'au trait de jauge; on chauffe une heure au bain-marie; on laisse ensuite refroidir, on complète le volume, on agite, on filtre et on polarise dans un tube de 50 ou de 60 le liquide légèrement acidifié avec une goutte d'acide acétique. On divise le chiffre lu au polarimètre par 2,5 ou par 3, suivant que la polarisation a eu lieu dans un tube de 50 ou celui de 60 cm.

On peut estimer ainsi 0.10 à 0.20 de sucre p. 100 de cossettes.

(*b*) La méthode précédente est peu employée parce que les cossettes épuisées contiennent trop peu de sucre. On se contente généralement de doser le sucre dans le jus extrait de la pulpe par pression.

Pour cela, on réduit la cossette en pulpe aussi fine que possible avec le hache-viande. Cette pulpe est pressée pour en extraire le jus à l'aide d'une presse ordinaire ou mieux d'une presse à double vis. (*Voir fig. 20 et 21*).

On prend 100 cc. de ce jus s'écoulant de cette pulpe fortement pressée, on y ajoute 10 cc. de sous-acétate de plomb, on agite, on filtre et on polarise dans un tube de 50 centimètres. On divise les degrés lus par 2.5 pour les ramener à ce qu'ils seraient si l'observation avait été faite dans un tube de 20 cm.

Pour abréger les calculs, la table suivante donne le sucre p. 100 cc. de jus. Comme les cossettes non pressées de diffusion contiennent environ 95 p. 100 d'eau, en multipliant la teneur en sucre du jus par 0.95, on obtient le taux de sucre p. 100 de cossettes. Pour calculer la perte de sucre par 100 de betteraves, on admet que 100 kil. de betteraves donnent 90 kil. de cossettes épuisées ; il faut donc simplement multiplier la teneur saccharine des cossettes par 0.9.

Dans les usines où ces données peuvent s'appliquer, on évitera tous ces calculs, en multipliant directement les degrés saccharimétriques donnés par un tube de 200 m/m, par 0.1693 pour obtenir le taux de sucre dans la pulpe, et par 0.1524 pour calculer la perte p. 100 de betteraves. Soit 4°3 la lecture du saccharimètre dans un tube de 50 centimètres.

Dans un tube de 20 cm. on aurait $\frac{4.3}{2.5} = 1{\cdot}72$.

Sucre p. 100 de cossettes $= 1.72 \times 0.1693 = 0.291$.
Sucre p. 100 de betteraves $= 1.72 \times 0.1524 = 0.262$.

(c) *Méthode Stammer*.—Stammer opère sur des cossettes épuisées réduites en crême à l'aide de son moulin. On mélange intimement, une quantité quelconque de cette crême avec quelques centimètres cubes de sous-acétate de plomb et on filtre. Le jus ainsi traité filtre rapidement et se prête parfaitement à l'observation saccharimétrique.

On obtient la teneur en sucre p. 100 de jus en multipliant les degrés lus par 0.1620. En multipliant la teneur saccharine de cossettes par 0.90 on a la perte de sucre p. 100 de betteraves.

Si l'on s'est servi d'un tube de 500 m/m, il faut naturellement diviser les résultats par 2.50. En multipliant directement les degrés lus par 0.1530, on obtient le sucre p. 100 de cossettes ; et en les multipliant par 0.1331 on obtient la perte de sucre p. 100 de betteraves.

(*d*) Autre méthode par la liqueur cuivrique. — Dans une fiole de Bohême à large col, système Pellet, jaugée à 202 cc. 5, on introduit 50 gr. de cossettes hachées avec 2 gr. environ d'acide tartrique et de l'eau à peu près jusqu'au trait de jauge. On chauffe une demi-heure sur un bec Bunsen en interposant une toile métallique entre le fond de la fiole et la flamme.

Après inversion et refroidissement on complète le volume de 202 cc. 5, on agite et on filtre. On remplit de ce liquide une burette de Gay-Lussac ou mieux de Nugues, et l'on dose le sucre interverti à

l'aide d'une liqueur cupro-potassique dont 10 cc. correspondent à 0 gr. 001 de sucre cristallisable. Soit 10 cc. 5 de liquide sucré employés pour réduire 10 cc. de liqueur cuivrique. Si 12 cc. 5 de jus contiennent 0 gr. 001 de sucre, 400 cc. correspondant à 100 gr. de pulpe en contiendront $\frac{0.001 \times 400}{12.5} = 0$ gr. 32 (1).

On peut se servir de la table 58 en divisant par 1.25 le chiffre de la colonne indiquant le saccharose 0/0 cc. On a ainsi le sucre 0/0 de cossettes.

Nota. — Chaque chimiste peut se faire une table manuscrite en divisant par 2.50 tous les nombres de la colonne 1 de la table.

(1) La fiole est jaugée à 202 cc. 5 parce que le marc de 50 gr. de cossettes épuisées occupe environ 2 cc. 5.

Tableau indiquant le sucre 0/0 des eaux des presses à cossettes et des petites eaux des diffuseurs :

Degrés lus au polarimètre	SUCRE 0/0			
	Observations dans un tube de 400 m/m.		Observations dans un tube de 500 m/m.	
	Avec 10 0/0 de sous-acétate.	Sans addition de sous-acétate.	Avec 10 0/0 de sous-acétate.	Sans addition de sous-acétate.
0°1	0.0089	0.0081	0.00712	0.0065
0°2	0.0178	0.0162	0.01424	0.0130
0°3	0.0267	0.0243	0.02136	0.0195
0°4	0.0356	0.0324	0.02848	0.0260
0°5	0.0445	0.0405	0.03560	0.0325
0°6	0.0534	0.0486	0.04272	0.0390
0°7	0.0623	0.0567	0.04984	0.0455
0°8	0.0712	0.0648	0.05696	0.0520
0°9	0.0800	0.0729	0.06408	0.0585
1°	0.089	0.081	0.0712	0.065
1°1	0.098	0.087	0.0783	0.071
1°2	0.106	0.097	0.0854	0.078
1°3	0.115	0.105	0.0925	0.084
1°4	0.125	0.113	0.0996	0.091
1°5	0.133	0.121	0.106	0.098
1°6	0.142	0.129	0.114	0.104
1°7	0.151	0.138	0.122	0.110
1°8	0.160	0.146	0.128	0.117
1°9	0.169	0.154	0.134	0.124
2°	0.178	0.162	0.142	0.130
2°1	0.187	0.170	0.149	0.137
2°2	0.196	0.178	0.156	0.143
2°3	0.205	0.186	0.163	0.150
2°4	0.213	0.194	0.170	0.156
2°5	0.222	0.202	0.178	0.162
2°6	0.231	0.210	0.185	0.169
2°7	0.240	0.218	0.192	0.175
2°8	0.249	0.227	0.199	0.182
2°9	0.258	0.235	0.205	0.188

Tableau indiquant le sucre 0/0 des eaux des presses à cossettes et des petites eaux des diffuseurs :

Degrés lus au polarimètre	SUCRE 0/0 — Observations dans un tube de 400 m/m.		SUCRE 0/0 — Observotions dans un tube de 500 m/m.	
	Avec 10 0/0 de sous-acétate.	Sans addition de sous-acétate.	Avec 10 0/0 de sous-acétate.	Sans addition de sous-acétate.
3°	0.267	0.243	0.213	0.195
3°1	0.276	0.251	0.220	0.201
3°2	0.284	0.259	0.228	0.208
3°3	0.293	0.267	0.235	0.214
3°4	0.302	0.275	0.242	0.221
3°5	0.311	0.283	0.249	0.227
3°6	0.320	0.291	0.256	0.234
3°7	0.329	0.300	0.263	0.240
3°8	0.338	0.308	0.270	0.246
3°9	0.347	0.316	0.277	0.253
4°	0.356	0.324	0.284	0.260
4°1	0.364	0.332	0.292	0.266
4°2	0.374	0.340	0.299	0.273
4°3	0.382	0.348	0.306	0.279
4°4	0.392	0.356	0.313	0.285
4°5	0.400	0.364	0.320	0.292
4°6	0.410	0.373	0.327	0.299
4°7	0.418	0.381	0.334	0.305
4°8	0.426	0.389	0.342	0.312
4°9	0.436	0.397	0.349	0.318
5°	0.444	0.405	0.356	0.325
5°1	0.453	0.413	0.363	0.331
5°2	9.462	0.421	0.370	0.338
5°3	0.471	0.429	0.377	0.344
5°4	0.480	0.437	0.384	0.351
5°5	0.489	0.445	0.391	0.357
5°6	0.498	0.453	0.399	0.364
5°7	0.507	0.461	0.406	0.370
5°8	0.516	0.469	0.413	0.377
5°9	0.525	0.477	0.420	0.383
6°	0.534	0.486	0.427	0.390

Eaux des presses Bergreen ou Klusemann.

On se contente de doser le sucre au saccharimètre. On en mesure 100 cc. dans un ballon jaugé à 100 — 110 cc.; on ajoute quelques gouttes de sous-acétate de plomb, on complète le volume de 110 cc. avec de l'eau, on agite, on filtre et on polarise dans le tube de 40 ou de 50 centimètres. Le nombre de degrés lus, augmenté de 1/10 et divisé par 2 ou 2.50, puis multiplié par 0,1620 donne le taux de sucre pour 100 cc. de ces eaux. Pour ne pas faire la multiplication par 0,1620, on n'a qu'à se reporter à la table.

On peut aussi multiplier directement le nombre de degrés lus par 0.089 si la polarisation a eu lieu dans un tube de 40, et par 0,0712 si la polarisation a été faite dans un tube de 50 c. et l'on obtient le sucre 0/0 cc. de jus.

Soit 3° le nombre de degrés lus au saccharimètre dans un tube de 50 centimètres par hectolitre.

$$3 + 0.3 = 3.3;\ \frac{3.3}{2.5} = 1°32.$$

$$1.32 \times 0.1619 = 0.213 \text{ de sucre } 0/0 \text{ cc.}$$

$$\text{ou } 3 \times 0.0712 = 0.213.$$

La table reproduite plus haut supprime tous les calculs.

Il est inutile de faire l'analyse des eaux des presses, si l'on fait celle des cossettes, car la perte en sucre dans les eaux se confond avec celle qui existe dans les cossettes. Mais, comme l'analyse des cossettes est longue, on peut la remplacer par celle des eaux de presses. Toutefois, on doit remarquer que ces eaux sont toujours moins riches que les cossettes dont elles proviennent, à cause naturellement de l'insuffisance de pression ; mais nous avons reconnu qu'il existe une relation très constante entre les richesses saccharines de ces deux produits ; on peut donc en tenir compte, c'est-à-dire majorer dans une certaine mesure la teneur saccharine de ces eaux pour avoir la richesse des cossettes.

Le coefficient par lequel on pourrait multiplier le taux 0/0 de sucre des eaux pour avoir celui des cossettes serait naturellement variable avec la richesse de ces eaux, le degré de pression des cossettes, etc.

Diffusionomètre.—Il existe d'autre part, une relation très constante entre la richesse saccharine de ces eaux et leur densité, de sorte que la détermination de leur densité seule pourrait suffire pour ainsi dire au contrôle de l'épuisement de la diffusion. Or, rien n'est plus facile que de déterminer cette densité à l'aide d'un aéromètre spécial *très sensible* que nous construisons et que nous appelons *diffusionomètre*. Il est gradué de 0 kil. à 1 kil. 500 de substances totales dissoutes

Voici la corrélation que nous avons remarquée à Francières, entre le degré saccharométrique de ces eaux, leur richesse saccharine et la richesse des cossettes dont elles provenaient.

Degré du diffusionomètre marqué par les eaux des presses.	Sucre °/o cc. de ces eaux.	Sucre °/o gr. des cossettes non pressées dont ces eaux proviennent.	OBSERVATION
0k1	0g08	0g11	On voit que la teneur saccharine des cossettes est sensiblement égale au degré du **diffusionomètre.**
0.15	0.13	0.16	
0.2	0.17	0.21	
0.25	0.20	0.26	
0.3	0.25	0.31	
0.35	0.30	0.37	
0.4	0.33	0.41	
0.45	0.38	0.46	

Dosage du sucre dans les eaux des presses par la liqueur cuivrique.

Pour doser le sucre dans les eaux des presses par la liqueur cuivrique, on en prélève 50 cc. dans un ballon de 100 cc. on y ajoute 5 cc. d'une solution d'acide tartrique à 20 p. 100, et on chauffe à l'ébullition faible pendant 20 minutes, au bain de sable, pour intervertir le sucre. On laisse refroidir et on complète le volume de 100 cc. avec de l'eau. On dose ensuite le sucre par la liqueur Violette, en employant 2 cc. de cette dernière. Les résultats fournis par la table 58 divisés par 2.5 donnent le sucre pour 100 cc. de ces eaux.

Soit 12 cc. 7 de liqueur sucrée employée pour réduire 2 cc. de liqueur Violette. La table donne 0.394 de sucre. Ce chiffre divisé par 2.50 représente le sucre pour 100 cc. soit $\frac{0.391}{2.5} = 0.157$.

Eaux de vidange ou d'épuisement des diffuseurs.

La teneur saccharine de ces eaux est encore plus faible que celle des eaux des presses. Elles ne doivent pas marquer plus de 0 à 0°1 à l'aéromètre spécial (diffusionomètre).

Pour déterminer le sucre qu'elles contiennent, on en prend un verre que l'on clarifie avec 2 ou 3 gouttes de sous-acétate de plomb, on fil-

tre et on polarise dans un tube de 40 ou 50 c. Inutile de faire la correction pour le sous-acétate employé. Le nombre de degrés lus multiplié par 0.081 pour le tube de 40 cm. et par 0.065 pour le tube de 50 cm. donne immédiatement le taux en sucre p. 100 cc. Si on clarifie au sous-acétate de manière à former un volume de 100-110 cc. il faut multiplier les degrés du saccharimètre par 0.089 ou par 0.0712, suivant qu'on a opéré avec un tube de 40 cm. ou de 50 cm.

La table donnée précédemment pour l'analyse des cossettes et des eaux de presses, supprime tous les calculs.

Si la teneur en sucre est trop faible pour permettre l'observation saccharimétrique, on en réduit par évaporation 250 cc. à 80 cc. environ, en y ajoutant quelques goutes de sous-acétate de plomb. On verse ensuite le liquide concentré et refroidi dans un ballon jaugé à 100 cc.; on complète avec de l'eau le volume à 100 cc., on filtre et on polarise. Les degrés lus au saccharimètre sont divisés par 2.5, (ce qui revient à les multiplier par 0.4), puis, multipliés par 0.081 ou par 0.065, selon que l'observation a été faite, dans un tube de 40 ou de 50 c., on pourrait aussi multiplier directement les degrés lus par 0.032 pour le tube de 40, ou par 0.026 pour le tube de 50. On peut aussi, dans ce cas, se servir de la table précédente; on n'a qu'à multiplier es résultats qu'elle donne par 0.4 pour avoir le sucre p. 100 de ces eaux.

Pour calculer la perte pour 100 de betteraves, il faut connaître la quantité d'eau ajoutée à la diffusion. Quand on ne se sert pas d'air comprimé, les petites eaux représentent environ 120 litres pour 100 k. de betteraves. On multiplie alors le sucre pour 100 par 1.20 pour obtenir la perte en sucre pour 100 de betteraves.

Dosage par la liqueur cuivrique. — On opère comme pour les eaux des presses à cossettes.

Pertes à la diffusion.

Nous avons d'une part :

Sucre pour 100 k. de cossettes fraîches ou de betteraves....	15.75
120 litres de jus à 12.875 p. 100 de sucre = ...	15.45
D'où *perte à la diffusion*..................................	0.30
Se répartissant ainsi :	
90 k. de cossettes épuisées à 0.135 p. 100 de sucre	0.121
170 k. petites eaux de vidanges à 0.06 p. 100 de sucre.......	0.078
	0.199
Perte inconnue ou erreur d'analyse...........................	0.101

CHAPITRE IV

Prise en charge du sucre contenu dans la masse cuite 1er jet et dans la mélasse. Pertes à la carbonatation, à la filtration, à l'évaporation, à la cuite, aux turbinages. Analyses diverses : écumes, masses cuites et mélasses.

Analyse des masses cuites. — La masse cuite est un produit qui contient tout le sucre extrait de la betterave moins les pertes qui se sont produites en cours de fabrication. Comme quelques-unes de ces pertes ne sont pas faciles à déterminer, notamment celles qui se produisent par des fuites aux serpentins, par des entraînements dans les appareils à évaporer, par des caramélisations et des destructions de sucre pendant le chauffage, il est de la plus haute utilité de s'en rendre compte. L'analyse de la masse cuite, ou plutôt la prise en charge du sucre dans la masse cuite, en fournit les moyens. Plus l'écart entre cette prise en charge et la prise en charge opérée sur le jus de diffusion, sera faible, moins ces pertes indéterminées seront importantes. Si l'écart était considérable, ou anormal, il y aurait lieu d'en rechercher la cause.

L'analyse de la masse cuite, bien que facile, n'offre pas beaucoup de garanties au point de vue d'une prise en charge rigoureuse, parce qu'on ne peut pas facilement en déterminer le volume ni la densité. Comme on la recueille ordinairement dans des bacs refroidisseurs à large surface, la moindre erreur dans l'évaluation du vide ou du plein conduit à des résultats inacceptables. Pour que l'analyse de ce produit donne toute sécurité au point de vue du contrôle, il est indispensable d'en connaître le poids exact. Pour cela les bacs refroidisseurs doivent être installés sur un pont à bascule. Qui veut la fin doit vouloir les moyens.

Dans les usines où le poids rigoureux de la masse cuite ne peut être connu, nous conseillons de faire la troisième prise en charge du sucre, ou tout au moins de la contrôler par la méthode indirecte proposée par M. F. Sachs.

La masse cuite 1er jet est dédoublée par le turbinage en sucre blanc ou roux, et en eaux mères ou égouts. Le sucre est pesé très exactement au sortir de la turbine et analysé. Les égouts, après avoir été recuits sont coulés dans des cristallisoirs où il est facile d'en déterminer le volume et la densité. Par l'analyse on en connaît exacte-

ment la teneur en sucre. La somme du sucre récolté à la turbine et du sucre contenu dans les égouts représente le sucre total contenu dans la masse cuite, ou la 3e prise en charge.

La différence entre cette prise en charge et la précédente constitue les pertes en cours de fabrication, pertes dues à la carbonatation, aux écumes, à la filtration, à l'évaporation, à la cuite, etc.

Ainsi, nous avons pour 100 kil. de betteraves :

Sucre dans le jus de diffusion		15.450
Sucre blanc 1er jet à 99°5 de polarisation, 8.35 $8.35 \times 99.5 = 8.308$		
9 kil. 8 égouts à 68,8 p. 100 de sucre $= 9 \text{ k. } 8 \times 0{,}688 = 6.752$		
		15.050
Soit perte en sucre depuis la diffusion jusqu'à la cuite, p. 100 de betteraves		0 400
Se répartissant ainsi :		
13 kil. 400 d'écumes contenant 1.07 p. 100 de sucre : $\frac{13.4 \times 1.07}{100} = 0.143$		
Perte dans la filtration mécanique, dans les toiles..............................	0.020	
		0.163
D'où, pertes inconnues		0.237

Ces 0.237 de pertes inconnues sont dues, ou à des erreurs d'analyses, ou à des entraînements de sirops à l'évaporation et à la cuite.

Lorsque ces pertes ne dépassent pas le chiffre de 0.20, il n'y a pas lieu de trop s'en préoccuper, parce qu'il est à peu près impossible de les éviter entièrement, l'évaporation donnant toujours lieu à un entraînement de sirops que les meilleurs ralentisseurs ne peuvent retenir. Mais si ces pertes atteignaient un chiffre plus élevé, il serait indispensable de chercher à se rendre compte où elles se produisent.

Dans nos exemples nous avons indiqué les résultats p. 100 kil. de betteraves ; mais dans la pratique, sur les feuilles de contrôle du travail, le chimiste doit inscrire les quantités totales de betteraves travaillées, de sucres obtenus à la turbine et dans les égouts. Ce n'est que par le calcul qu'il arrivera aux résultats pour 100 de betteraves.

S'il établit les feuilles du travail chaque semaine, il prendra naturellement la moyenne des résultats obtenus.

Voyons maintenant les méthodes d'analyse à employer pour les différents produits.

Masse cuite 1er jet.

On en pèse 50 gr. que l'on dissout dans l'eau distillée de manière à en former exactement un volume de 500 cc.

On obtient ainsi un jus d'une densité variant entre 1.030 et 1.040.

On l'analyse exactement comme s'il s'agissait d'un jus de diffusion, c'est-à-dire qu'on détermine : *la densité*, à l'aide d'un densimètre gradué en 1/20es et allant de 3 à 4° ; les *substances totales dissoutes*, l'*eau*, le *sucre*, le *non-sucre*, les *cendres*, les *matières organiques*, le *degré de pureté*, le *coefficient salin*, le *coefficient organique*, la *chaux*, et les *sels de chaux*.

Dans l'analyse du jus de diffusion, on détermine les substances totales dissoutes à l'aide d'une table de concordance avec la densité, l'*eau par différence*, et l'on calcule le degré de pureté *apparent*.

Pour l'analyse de la masse cuite, nous conseillons de ne pas négliger ces déterminations, qui donnent, dans une certaine mesure, le degré d'épuration subi par les sirops en cours de travail. Néanmoins, nous conseillons vivement aux chimistes de ne pas s'en tenir là, et de *doser directement l'eau*, la *matière sèche* ou *substances totales dissoutes*.

Densité. — On peut déterminer la densité de la masse cuite de deux manières :

(*a*) On remplit avec de la masse cuite, pendant la coulée, un litre en étain tel qu'on l'emploie dans le commerce des boissons. Après refroidissement à 15°, on enlève avec une lame de couteau l'excès de masse cuite et l'on pèse. Le poids obtenu diminué de la tare = le *poids du litre de masse cuite*.

En ajoutant à ce poids 1 gr. 08 on a la *densité*. Mais nous ferons remarquer que par les calculs ultérieurs on doit se servir du poids et non de la densité.

(*b*) *Densité et substances totales dissoutes*. — On peut aussi calculer la densité de la masse cuite initiale, à l'aide de la densité de la solution contenant 50 gr. de masse cuite pour 500 cc.

La densité de la solution aqueuse est déterminée, avons-nous dit, à l'aide d'un densimètre gradué de 3 à 4° par *vingtièmes de degré*. Soit 3°55.

On cherche dans la table de concordance n° 18 les *matières totales dissoutes* 0/0 cc., ou degré *Vivien*. Nous avons 9.50 que l'on multiplie par 10, et l'on obtient ainsi les *substances totales dissoutes 0/0 gr. de masse cuite initiale*, soit 95. On se reporte alors à la table

nº 19, où l'on trouve en face de 95 degrés Brix-Dupont, la densité correspondante 1.520 qui est la densité réelle de la masse cuite initiale, ou le chiffre qui exprime le poids du litre de masse cuite.

La table suivante que nous avons calculée d'après celle que M. Sidersky a donnée dans le *Bulletin* de mars 1890 de l'Association des chimistes, page 367, supprime tous les calculs.

Solution de masse cuite à 50 *gr. pour* 500 *cc. de liquide, soit à* 10 *p.* 100.

Densité absolue de la solution à 15° c.	Poids du litre.	SUBSTANCE TOTALE DISSOUTE			Eau °/₀ de masse cuite.	Densité de la masse cuite initiale.	Poids du litre de la masse cuite initiale.
		dans 100cc de la solution.	dans 100 gr. de la solution.	dans 100 gr. de masse cuite.			
a	*b*	*c*	*d*	*e*	*f*	*g*	*h*
3	2.89	8.066	7.831	80.66	19.34	141.7	1.41692
3.05	2.93	8.196	7.953	81.96	18.08	142.6	1.42492
3.10	2.99	8.327	8.076	83.27	16.73	143.6	1.43492
3.15	3.04	8.457	8.198	84.57	15.43	144.4	1.44292
3.20	3.09	8.588	8.321	85.88	14.12	145.2	1.45092
3.25	3.14	8.918	8.443	87.18	12.81	146.1	1.45992
3.30	3.19	8.849	8.565	88.49	11.51	147.1	1.46992
3.35	3.24	8.979	8.687	89.79	10.20	148.0	1.47892
3.40	3.29	9.110	8.809	91.10	8.90	149.0	1.48892
3.45	3.34	9.240	8.931	92.40	7.59	149.9	1.49792
3.50	3.39	9.371	9.055	93.71	6.29	150.8	1.50692
3.55	3.44	9.502	9.175	95.02	4.98	151.7	1.51592
3.60	3.49	9.633	9.298	96.33	3.67	152.6	1.52492
3.65	3.54	9.763	9.419	97.63	2.36	153.5	1.53392
3.70	3.59	9.894	9.541	98.94	1.06	154.4	1.54292

Substances totales dissoutes et Eau. — **La table précédente donne directement dans la colonne *e* les substances totales dissoutes 0/0 de masse cuite, et l'eau dans la colonne *f*.**

On peut aussi les doser directement.

Pour cela, on dessèche à l'étuve à 110° dans une capsule plate de platine tarée, 10 cc. de liquide correspondant à 1 gr. de matière. — On peut aussi faire la dessication en étendant 1 gr. de masse cuite ou d'égout tel quel, rendu bien homogène, sur un verre de montre taré ou équilibré par un autre verre semblable et numéroté. Si la masse en se desséchant ne se boursoufle pas et conserve une surface luisante, c'est un indice d'un bon travail.

Nous conseillons aussi vivement pour la dessication des masses cuites, d'opérer avec l'appareil Courtonne (fig. 22).

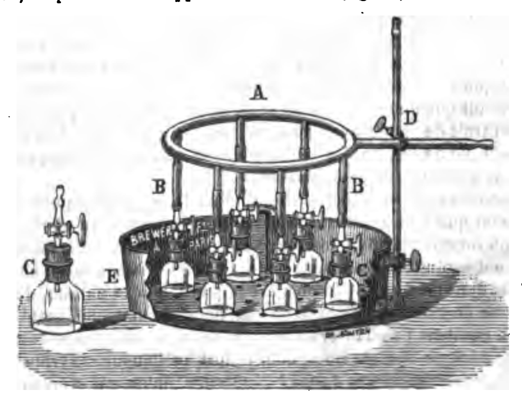


Fig. 22.

Cet appareil se compose essentiellement d'un tube en cuivre A disposé en cercle sur lequel se trouvent 6 tubulures B que l'on raccorde avec des flacons C dans lesquels on met 1 ou 2 grammes de masse cuite à dessécher.

L'appareil est relié avec une trompe à eau, ou mieux dans les sucreries, à la conduite d'aspiration allant du triple-effet à la pompe à air. On tare les flacons vides et secs ; on y introduit 1 ou 2 grammes de masse cuite, on les pèse de nouveau, et après les avoir reliés avec des tubes en caoutchouc au cercle de cuivre, on plonge l'appareil dans le bain-marie E chauffé à 80°-100°, et l'on établit la communication avec la source de vide. En une demi-heure la dessication est complète. On pèse ensuite les flacons, après les avoir bien essuyés. La perte de poids indique l'*eau*.

Soit 0 gr. 117 la perte de poids pour 2 gr. de masse cuite, on a :

$$Eau \text{ p. } 100 = \frac{0.117 \times 100}{2} = 5.85.$$

Matières sèches ou *matières totales dissoutes* p. 100 = 100 — eau = 100 — 5.88 = 94.15.

Sucre 0/0. — Pour déterminer le sucre, on jauge très exactement 100 cc. de la solution jusqu'au trait 100 dans une fiole à col étroit jaugé à 100-110 cc ; on y ajoute quelques gouttes de sous-acétate de plomb ; on complète avec de l'eau jusqu'au trait 110 cc. ; on agite, on filtre et on polarise. Le nombre de degrés lus, augmenté de 1/10 et multiplié par 1.620 = sucre 0/0 de masse cuite. Soit 48.60 la polarisation, nous avons :

Sucre 0/0 = (48.60 + 4.86) × 1.620 = 86.601.

On peut aussi, à l'aide d'une pipette spéciale, prélever 40 cc. 5 de solution (correspondant à 8 gr. 10 de masse cuite ou demi poids normal) que l'on introduit dans un ballon à col étroit, jaugé à 100 cc., on introduit quelques gouttes de sous-acétate de plomb, on complète jusqu'au trait de jauge avec de l'eau; on agite, on filtre et on polarise dans un tube de 40 c/m. La lecture du saccharimètre indique directement le sucre 0/0 de masse cuite.

Incristallisable. — L'incristallisable se dose par la liqueur cuivrique. Selon que l'on opère sur la dissolution clarifiée au sous-acétate de plomb ou non clarifiée, les résultats peuvent être différents.

Si une dissolution de masse cuite, clarifiée au sous-acétate de plomb et dont l'excès de plomb a été précipité par le sulfate de soude ou le zinc en poudre, ne réduit pas la liqueur cuivrique, cette masse cuite ne contient pas d'inscritaliisable. Si la même masse cuite, non clarifiée au sous-acétate de plomb, réduit la liqueur cuivrique, cette masse cuite renferme des *corps réducteurs*, qu'on est convenu d'appeler *dérivés du glucose*. La présence de ces corps dénote un commencement d'altération de la masse cuite. On les dose comme si c'était du glucose.

Pour déterminer la proportion d'*incristallisable* et la proportion de *dérivés du glucose* dans une masse cuite, on dose successivement ces corps réducteurs par la liqueur cuivrique, sur la solution de masse cuite non clarifiée, et ensuite sur la même solution clarifiée au sous-acétate de plomb.

Le premier dosage indique tous les corps réducteurs; le second indique l'incristallisable. La différence entre lesdeux indique les *dérivés du glucose*.

Une masse cuite normale de sucre de betteraves ne contient ni *incristallisable* ni *dérivés du glucose*.

On dose ces corps par la méthode Bardy (voir à l'analyse des sucres bruts) ou par la méthode indiquée à l'analyse des mélasses.

Cendres. — On introduit dans une capsule de platine tarée 40 ou 50 cc. de la solution correspondant à 4 ou 5 gr. de masse cuite ; on y ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique pur et on évapore lente-

ment à l'étuve ou au bain de sable. Quand la dessiccation est complète, on chauffe graduellement la capsule sur la flamme d'un bec Bunsen en ayant soin d'éviter les projections. Quand la masse charbonneuse ne dégage plus de vapeurs, la capsule est portée dans le moufle du fourneau à incinérer (fig. 23). L'incinération terminée,

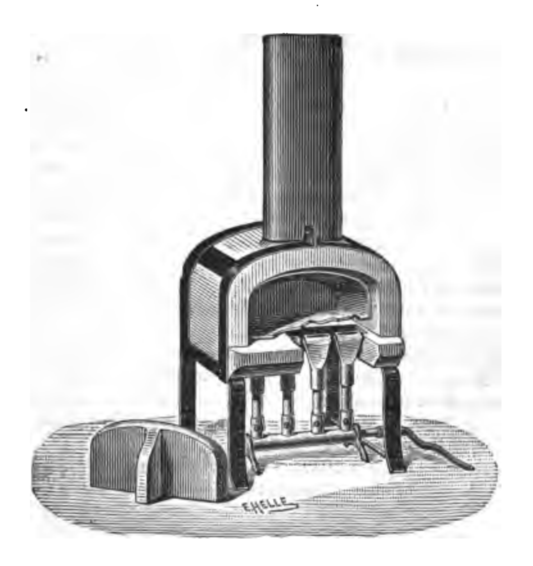


Fig. 23.

on pèse après refroidissement. Soit 0 gr. 160 le poids des cendres de 50 cc. de la solution, c'est-à-dire de 5 gr. de masse cuite. En retranchant 1/10 pour tenir compte de l'acide sulfurique ajouté, on a 0.160 — 0.0160 ou $0.160 \times 0.9 = 0.144$.

Cendres 0/0 $= \frac{0.144 \times 100}{5} = 2.88$; ou plus simplement $0.144 \times 20 = 2.88$. On peut aussi incinérer directement 5 gr. de masse cuite. Les cendres varient, dans une masse cuite 1er jet, de 2.50 à 5 %.

Non-sucre pour 100 = Matière sèche totale — sucre = 94.15 — 86.605 = 7.515.

Matières organiques pour 100 = Non-sucre — cendres = 7.545 — 2.88 = 4.665.

Degré de pureté réel $= \frac{\text{Sucre 0/0}}{\text{Mat. sèche}} = \frac{86.605 \times 100}{94.15} = 91.99.$

Degré de pureté apparent $= \frac{\text{Sucre 0/0 cc. de la solution}}{\text{Degré Vivien}}$

Coefficient salin $= \frac{\text{Sucre}}{\text{Cendres}} = \frac{86.605}{2.88} = 30.07.$

Coefficient organique $= \frac{\text{Sucre}}{\text{Matières org.}} = \frac{86.605}{4.665} = 18.56.$

Alcalinité. — Dans un verre à pied ou dans un bol de porcelaine à fond rond on introduit 25 cc. de la solution sucrée auxquels on ajoute quelques gouttes de teinture d'acide rosolique neutralisé qui communique à la solution une teinte rouge caractéristique. A l'aide d'une burette graduée automatique (*Voir le chapitre relatif à l'alcalinité des jus et sirops*) on fait couler goutte à goutte dans le liquide du verre à pied ou du bol, de la liqueur alcalimétrique Le Docte, jusqu'à saturation, c'est-à-dire jusqu'au virage du liquide du rouge au jaune pâle.

Chaque centimètre cube de liqueur alcalimétrique employé indique 0 g. 1 d'alcalinité exprimée en chaux par litre de liquide, soit pour 100 de masse cuite. Soit 6 cc. 9 de liqueur Le Docte employée pour neutraliser 25 cc. de liquide sucré, l'alcalinité de la masse cuite est de 0 gr. 69 exprimée en CaO p. 100.

On peut additionner la teinture d'acide rosolique neutralisée d'une solution de vert de quinoléïne; la réaction est plus nette.

Chaux et sels de chaux.

On détermine la chaux par l'hydrotimétrie. Pour cela on introduit dans le flacon hydrotimétrique 10 cc. de la solution sucrée, représentant 1 gr. de masse cuite et l'on complète avec de l'eau distillée le volume de 40 cc.

On verse ensuite goutte à goutte à l'aide de la burette hydrotimétrique la liqueur de savon dans le flacon hydrotimétrique; on agite fortement la solution de temps à autre, et l'on arrête l'addition de liqueur hydrotimétrique lorsqu'il se produit dans le flacon une mousse d'environ 1 cc. de hauteur et persistant au moins 5 minutes.

Le nombre de degrés de liqueur hydrotimétrique employés multiplié par 0,0228 = chaux 0/0 gr. de masse cuite. Soit 8° de liqueur hydrotimétrique employés pour produire la mousse; on a :

CaO pour 100 de masse cuite = 8 × 0.0228 = 0.182.

La liqueur hydrotimétrique est titrée de telle façon que 1° employé pour produire la mousse sur 40 cc de liquide représente 0 g. 0057 de chaux par litre de ce liquide.

Dans notre exemple nous avons employé 8° pour 10 cc. de solution sucrée; pour 40 cc. nous en aurions employé 4 fois plus soit 8 × 4 = 32°.

Nous avons donc: chaux par litre, ou pour 100 gr. de masse cuite 8 × 4 × 0.0057 = 0 gr. 182. Or 0.0057 × 4 = 0.0228.

Donc chaux 0/0 de masse cuite =

Degrés hydrotimétriques × 0.0228.

Remarque. — Il arrive parfois que du savon se dépose et que la liqueur hydrotimétrique ne conserve pas son titre. Dans ce cas le facteur 0.0228 ne peut être conservé. Soit 0.00501 le titre de la liqueur hydrotimétrique : le facteur devient 4 × 0.00501 = 0.02004

La liqueur hydrotimétrique normale est titrée de telle façon qu'il faille en employer 22° de la burette spéciale pour produire la mousse persistante sur 40 cc. de liqueur titrée d'azotate de baryte contenant 0 g. 59 de nitrate de baryte par litre. Si au lieu de 22° il faut en ployer 25°, le titre de la liqueur hydrotimétrique est :

$$x \times 25 = 0.0057 \times 22 ; \; x = \frac{0.057 \times 22}{22} = 0.005016$$

et le coefficient à employer devient 0.005016 × 4 = 0.020064.

La table suivante donne les cœfficients pour les différents titres de la liqueur hydrotimétrique :

Degrés de liqueur hydrotimétrique nécessaire pour produire la mousse sur 40cc de liqueur à 0 gr 59 de nitrate de baryte pr litre	Titre de la liqueur hydrotimétrique.	Coefficient par lequel on multiplie les degrés lus pour obtenir CaO °/o de masse cuite.
20°	0 gr. 00627 CaO par litre	0,02508
21	0.00597	0.02388
22	0.00570	0.0228
23	0.00545	0.0218
24	0.005225	0.0209
25	0.005016	0.02006
26	0.004823	0.01929
27	0.004644	0.01857
28	0.00448	0.01792
29	0.004324	0.01729
30	0 00418	0.01672

Dosage de la chaux totale par la pesée.

On précipite la chaux de 100 cc. de la dissolution contenant 10 gr. de masse cuite, par l'oxalate d'ammoniaque ; on chauffe à l'ébullition, puis on filtre sur un filtre sans plis, le précipité d'oxolate de chaux, on lave plusieurs fois à l'eau ammoniacale, puis on introduit le filtre contenant le précipité dans une capsule de platine, on humecte avec quelques gouttes d'acide sulfurique pour transformer l'oxalate de chaux en sulfate de chaux ; on calcine pour éloigner l'acide oxalique et l'excès d'acide sulfurique. On pèse le sulfate obtenu dont le poids multiplié par 4.118 donne la chaux (CaO) pour 100 gr. de masse cuite.

Autre méthode. — 100 cc. de la solution sont additionnés de carbonate d'ammoniaque et d'ammoniaque caustique, puis portés à l'ébullition ; la chaux se précipite sous forme de carbonate que l'on recueille sur un filtre sans plis et qu'on lave à l'eau ammoniacale. Le filtre est ensuite détaché de l'entonnoir, séché à l'étuve à 100°c, puis chauffé au rouge naissant dans le four à moufle. On pèse sous forme de carbonate. Le poids obtenu multiplié par 5,6 représente la chaux pour 100 gr. de masse cuite.

Au lieu de calciner le précipité au rouge sombre, ce qui a quelquefois l'inconvénient de décomposer une partie du carbonate en chaux vive, il vaut mieux le calciner fortement au rouge blanc, pour le transformer entièrement en chaux vive. Pour cela on met le creuset contenant le précipité dans le bec Kréchel (fig. 24) fonctionnant au chalumeau à air comprimé et donnant une température de 1700 degrés.

On peut aussi titrer la chaux volumétriquement. Pour cela on dissout le carbonate de chaux obtenu dans une quantité connue, 20 cc. par exemple, d'acide chlorhydrique demi-normal. On titre ensuite l'excès d'acidité par une liqueur de soude demi-normale, c'est-à-dire saturant l'acide volume à volume. La différence dans l'acidité est causée par la saturation d'une partie de l'acide par le carbonate de chaux, un simple calcul indique la quantité de chaux.

Soit 20 cc. d'acide demi-normal employé pour dissoudre le carbonate de chaux provenant de 10 gr. de masse cuite, et 15 cc. la quantité de soude demi-normale nécessaire pour saturer les 20 cc. d'acide. La différence $20 - 15 = 5$ cc. d'acide chlorhydrique a été saturée par la chaux de 10 gr. de masse cuite. Or, 1 cc. d'acide demi-normal représente 0 gr. 014 de chaux ; donc dans 10 gr. de masse cuite il y a 0 gr. $014 \times 5 = 0.070$ de chaux, soit 0 gr. 70 pour 0/0.

Autre méthode. — Cette méthode est une heureuse modification de la précédente. On prend 50 cc. de la solution sucrée et on les vrese

dans un flacon marqué 100 cc. On ajoute quelques gouttes de tournesol ou de lacmoïde, et l'on verse goutte à goutte de l'acide chlorhydrique dilué jusqu'à neutralisation de l'alcalinité. On ajoute ensite 20 cc. d'une solution normale de carbonate de soude (53 gr. $NaCO^3$)....($NaOCO^2$) par litre, et on chauffe le liquide à l'ébullition pour précipiter toute la chaux. On laisse refroidir et on complète le volume de 100 cc. avec de l'eau distillée ; on agite et on filtre. On



Fig. 24.

prend à l'aide d'une pipette graduée 50 cc. du liquide filtré (correspondant à 25 cc. de solution et à 10 cc. de la liqueur de soude employée) que l'on met dans un verre à pied, et on verse dedans 10 cc. d'acide chlorhydrique normal. On chauffe à l'ébullition pour chasser l'acide carbonique. Bien que les volumes de liqueurs normales de carbonate de soude et d'acide chlorhydrique aient été employés à volumes égaux, le liquide ainsi traité est fortement acide, parce qu'une partie de la liqueur sodique a été neutralisée par les acides organiques des sels de chaux, en formant des sels sodiques neutres et du carbonate de chaux insoluble.

L'acidité restant dans la liqueur est précisément égale à la quantité de chaux totale contenue dans le jus et précipitée par le carbonate de soude. Il suffit donc de déterminer cette acidité par une liqueur de potasse déci-normale (4 gr. 7 de K^2O.... (KO) par litre). Le nombre de cc. de cette liqueur employés multiplié par 0.0028 donne la chaux par 25 cc. de solution : si on le multiplie par 0.112, on obtient la chaux pour 100 gr. de masse cuite.

En retranchant de la chaux ainsi déterminée l'alcalinité libre du jus, la différence donne la chaux constituant *les sels de chaux.*

Pour le contrôle du travail, on calcule, comme c'est indiqué dans les tableaux placés au commencement :

1° la quantité de masse cuite 0/0 k. de betteraves.
2° la — — — 100 k. ou 100 litres de jus.
3° la — — — hectolitre et par degré de jus.
4° la proportion de sucre extrait en 1er jet par 100 k. de betteraves.
5° la — de masse cuite 2e jet par 100 k. de betteraves.
6° la — — — 3e jet par hectolitre de jus.
7° la — — — par 100 k. de sucre 1er jet.
8° Le sucre passant dans les sirops d'égouts.
9° Le rendement probable des masses cuites 2e et 3e jets, en sucre, etc.

Compositions des Masses cuites 1er jet.

La composition des masses cuites 1er jet a beaucoup changé en France depuis que sous l'influence de la loi de 1884, la culture de la betterave riche s'est propagée.

Avant 1884, les masses cuites françaises 1er jet avaient les compositions extrêmes suivantes :

Sucre cristallisable	de 78 »	à 84 »
Glucose	traces.	
Non-sucre	16 »	à 6 »
Cendres	6.50	4.50
Matières organiques	7 »	5 »
Eau	11 »	7 »
Matières sèches	93 »	89 »
Coefficient salin	12 »	18 »

Voici la composition moyenne de plusieurs masses cuites 1er jet de la campagne 1887-1888, que nous avons eu l'occasion de déterminer. Ces masses cuites peuvent être considérées comme très bonnes.

	Aisne.	Oise.	Seine et Oise.	Somme	Autres départements
Sucre cristallisable........	86.90	85.80	84.70	85.65	86.30
Incristallisable............	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Non-sucre................	6.60	8.62	9.75	8.55	6.20
Cendres...................	2.50	2.79	3.05	2.81	2.43
Matières organiques.......	4.00	5.83	6.70	5.74	3.67
Matières sèches...........	93.50	94.42	94.45	94.20	92.50
Eau.......................	6.50	5.58	5.55	5.80	7.00
Alcalinité libre............	0.29	0.17	0.15	0.22	0.21
Chaux totale...............	traces	0.00	0.04	0.02	0.00
Degré de pureté...........	92.30	90.84	89.69	90.90	93.33
Coefficient salin............	33.42	30.78	27.70	30.48	35.72
Coefficient organique......	21.72	14.71	12.64	14.92	23.65
Rendement en sucres tous jets au coefficient 3.75 pour les cendres........	77.45	75.34	73.27	75.12	77.69

Masses cuites de 2e, 3e, 4e jets. — Egouts.

On fait les mêmes déterminations que pour la masse cuite 1er jet et l'on opère de la même façon, c'est-à-dire que l'on dissout 50 gr. de masse cuite ou d'égout dans de l'eau distillée de manière à former 500 cc.

Nous renvoyons donc à l'analyse de la masse cuite 1er jet, en nous contentant de dire quelques mots sur la détermination de la densité et du sucre cristallisable.

Densité. — Avant de déterminer la densité des bas produits, il faut toujours commencer par les chauffer à 100°. au bain-marie, dans le but de dissoudre les cristaux de sucre qu'ils peuvent contenir et surtout pour expulser l'air qu'ils renferment presque toujours et qui altère le poids spécifique.

On détermine ordinairement la densité des masses cuites et des mélasses à l'aide de l'aréomètre Baumé. La table de concordance donne ensuite la densité. La table 23, indique les corrections de température à faire quand on n'opère pas à 15°C.

Pour les liquides très denses et visqueux les indications de l'aréomètre ne sont pas très sures. Nous conseillons de préférence l'emploi de la méthode suivante due à M. Sidersky.

Dans un ballon jaugé exactement à 50 cc, et taré on introduit à l'aide d'un entonnoir dont le tube plonge jusqu'au dessous du trait 50 cc., de la mélasse chauffée; on arrête l'introduction du liquide avant qu'il ait atteint l'extrémité du tube de l'entonnoir que l'on retire

en ayant soin de ne pas déposer de mélasse le long des parois intérieuses du col du ballon. On laisse refroidir à 15°C, puis l'on pèse. Soit P le poids de la mélasse introduite dans le ballon. A l'aide d'une burette graduée on complète avec de l'eau le volume de 50 cc..; soit a le volume de l'eau nécessaire pour parfaire le volume de 50 cc.; $50 - a =$ le volume V occupé par la mélasse. La densité de cette mélasse sera donc représentée par la formule $\frac{P}{V}$.

Soit 67 gr. 20 le poids de la mélasse; 4 cc, 3 le volume a de l'eau ajoutée pour parfaire les 50cc; $50 - 4.3 = 45$cc.7 le volume occupé par les 67 gr. 20 de mélasse. La densité $= \frac{67.20}{45.7} 147.04$

Cette méthode, très rigoureuse, permet d'opérer sur très peu de matière.

Sucre cristallisable. — Dans les égouts et les masses cuites de 1ᵉʳ, 2ᵉ et 3ᵉ jets, on détermine le sucre cristallisable comme nous l'avons indiqué pour la masse cuite 1ᵉʳ jet. Mais s'il s'agit de masses cuites de 4ᵉ, 5ᵉ, 6ᵉ jets, de produits issus de l'osmose, du travail aux sucrates, de même que pour les mélasses épuisées, comme ils contiennent beaucoup d'impuretés et des matières polarisantes autres que le sucre, la polarisation ordinaire ne suffit pas pour déterminer le cristallisable. On doit alors recourir au procédé de l'inversion optique, préconisé et étudié par Clerget en France; Touschmidt, Reichard et Bittmann en Allemagne. Ce procédé est basé sur le rapport existant entre la rotation à droite du sucre de canne et la rotation à gauche du sucre interverti.

Nous renvoyons pour l'application de ce procédé au chapitre suivant consacré à l'analyse des mélasses.

Nous ferons observer que pour le contrôle de la fabrication du sucre, il vaut mieux employer le procédé Lindet que le procédé Clerget.

Analyse des mélasses.

Les mélasses peuvent être analysées à deux points de vue différents : au point de vue du contrôle du travail ou au point de vue commercial.

Qand on fait l'analyse au point de vue du contrôle du travail, on fait les mêmes déterminations que sur les masses cuites, et l'on opère de même, en ayant soin de déterminer le cristallisable par l'inversion optiqne.

Si au contraire l'analyse est faite au point de vue commercial, on

se borne à déterminer le degré Baumé ou la densité, sucre cristallisable et le sucre interverti.

Degrés Baumé. Densité. — On les détermine au moyen d'un aréodensimètre gradué de 37° à 45° B. Cet instrument porte sur sa tige deux échelles, celle de Baumé et l'échelle densimétrique. Il est important pour faire cette détermination de prendre toutes les précautions que nous avons indiquées à l'article *masses cuites, 2°, 3° et 4 jets.*

Sucre cristallisable. — On le détermine par l'inversion Clerget, en suivant les indications suivantes qui ont été formulées par l'Association des Chimistes dans sa séance du 15 avril 1890.

On pèse le double du poids normal, soit 2 × 16.20 = 32 gr. 40 pour le saccharimètre Laurent, que l'on dissout avec de l'eau ordinaire dans une fiole jaugée à 200 cc.

Après refroidissement et mélange bien homogène, on ajoute la quantité de sous-acétate de plomb à 30° B. nécessaire pour produire la défécation. On peut reconnaître facilement que le sous-acétate de plomb est ajouté en quantité suffisante, en l'introduisant dans la fiole à l'aide d'une burette ou d'une pipette, et en imprimaut en même temps au liquide un léger mouvement giratoire. L'addition du sel plombique produit d'abord des stries blanchâtres allant rapidement en augmentant au sein de la masse brune ou jaunâtre du liquide. Quand toute la masse est devenue blanchâtre ou grise, on s'arrête ; la quantité de sous-acétate ajoutée est suffisante ; il en existe même un léger excès qui n'a d'ailleurs aucun inconvénient.

La quantité de sous-acétate à 30° B. à employer, varie, suivant les mélasses, entre 5 et 10 p. 100 du volume du liquide.

Après l'addition du sel de plomb, on complète le volume à 200 cc. avec de l'eau, on agite, on filtre et on polarise.

Il peut arriver que le liquide filtré soit trop coloré pour se prêter facilement à l'observation polarimétrique. Dans ce cas on le décolore en l'additionnant d'environ 2 ou 3 grammes de noir fin sec et d'autant de zinc en poudre. On filtre ensuite, et le liquide est généralement assez décoloré pour être observé facilement au saccharimètre.

On introduit ensuite une partie du liquide filtré dans une fiole jaugée à 50-55 cc., jusqu'au trait 50 cc. ; puis on ajoute 5 cc. d'acide chlorhydrique pur et fumant. On agite pour que le mélange soit complet, et l'on place la fiole dans un bain-marie à double fond. La température est portée, au moyen d'une lampe à alcool ou d'un bec Bunsen jusqu'à + 68° en réglant la flamme de manière à ce que il faille environ 10 à 12 minutes pour arriver à cette température. Au bout de 12 minutes. on retire la fiole du bain-marie et on la laisse refroidir, ou bien on l dépose dans un vase rempli d'eau froide afin de ramener le liquide à la température ambiante.

Après refroidissement le volume n'a pas changé ; on filtre, s'il y a lieu, et l'on polarise dans un tube garni de verre intérieurement et de 22 c/m de longueur.

Si le liquide est coloré, on le décolore très facilement par l'addition avant filtration, d'un gramme environ de noir animal pulvérisé, absolument sec.

On détermine soigneusement la température du liquide interverti au moment de l'observation saccharimétrique. Pour ne pas commettre d'erreur à cet égard, nous recommandons de ne faire la polarisation que quand le liquide est revenu à la température ambiante du laboratoire.

On calcule ensuite le sucre cristallisable par la formule de Clerget:

Sucre $= \frac{100\ S}{144 - 1/2\ t}$, dans laquelle S = la somme des polarisations à droite et à gauche, et t = la température au moment de l'observation saccharimétrique du liquide interverti.

Soit pour une mélasse :

Polarisation directe :	48.50
Polarisation après inversion dans un tube de 22 c/m	15.35
Température, 24°C.	

Nous aurons en appliquant la formule ci-dessus :

$$\text{Cristallisable} = \frac{100 \times (48.50 + 15,35)}{144 - 12} = 48.38.$$

Casemajor a calculé la valeur de $\frac{100}{144 - 1/2\ t}$ pour toutes les températures comprises entre 10 et 41° c. On n'a donc qu'à multiplier les chiffres de sa table par S, c'est-à-dire par la somme des polarisations.

Table de Casemajor pour le dosage du cristallisable par l'inversion optique d'après Clerget, Touschmidt, Reichart et Bittmann. — La formule est $R = S \times \left(\frac{100}{141 - 0.5° t°}\right)$ ***dont S = la somme des polarisations, faites avant et après l'inversion. — La table suivante supprime le calcul :***

Température en degrés C.	Valeur de $\frac{100}{144 - 0.5\ t°}$	Température en degrés C.	Valeur de $\frac{100}{144 - 0.5\ t°}$	Température en degrés C.	Valeur de $\frac{100}{144 - 0.5\ t°}$	Température en degrés C.	Valeur de $\frac{100}{144 - 0.5\ t°}$
10	0.719	18	0.740	26	0.763	34	0.787
11	0.722	19	0.743	27	0.766	35	0.790
12	0.724	20	0.746	28	0.768	36	0.793
13	0.727	21	0.749	29	0.771	37	0.796
14	0.730	22	0.752	30	0.774	38	0.800
15	0.732	23	0.754	31	0.777	39	0.803
16	0.735	24	0.757	32	0.780	40	0.806
17	0.738	25	0.760	33	0.784	41	0.810

Certains chimistes ont trouvé que le chiffre 144 de la formule ci-dessus est trop fort, et le remplacent par le chiffre 142.5.

En prenant toutes les précautions indiquées ci-dessus, si la mélasse est normale, la concordance entre la polarisation directe et la méthode Clerget est presque toujours parfaite.

Mais certaines mélasses, comme nous l'avons dit, notamment celles qui proviennent du travail aux sucrates ou celles qui ont subi plusieurs osmoses successives, présentent quelquefois des divergences considérables dans les résultats, lorsqu'on les analyse par la polarisation directe et par la méthode Clerget. Ces écarts proviennent de substances polarisantes autres que le sucre.

Le plus important de ces corps, le mieux déterminé, et celui qui se présente le plus souvent en quantité notable, c'est la *raffinose* découverte par M. Loiseau, que quelques chimistes considèrent comme identique à la mélitoze et que Scheibler a appelé *mélitriose*

La méthode que nous venons d'indiquer est la méthode commerciale due à Clerget, celle que l'on emploie dans l'achat et la vente des mélasses ; mais il est bien certain quelle doit laisser beaucoup à

désirer sous le rapport de l'exactitude lorsque, à côté du sucre incristallisable et du sucre interverti, se trouvent d'autres sucres, comme la raffinose, la lévulosane, etc.

Pour le contrôle chimique de la fabrieation du sucre nous conseillons d'employer de préférence la méthode Lindet que nous allons décrire, avec quelques modifications introduites par M. Courtonne et M. Gérard.

Méthode Lindet pour la détermination du sucre cristallisable et de la raffinose dans les mélasses. — On pèse 2 fois 16 gr. 20 soit 32 gr. 40 de mélasse que l'on dissout dans l'eau de mnanière à former 200 cc. Après avoir rendu le mélange bien homogène, on en prélève 100 cc. que l'on introduit dans un flacon de 100—110 cc. et on y ajoute 1/10 de sous-acétate de plomb. On agite, on filtre et on polarise. Soit 44°1 la déviation trouvée; on a, en ajoutant un dixième pour tenir compte de la dilution due au sous-acétate $44,1 + 4,41 = 48,51$.

On prélève ensuite 20 cc. de la liqueur initiale, non additionnée de sous-acétate que l'on introduit dans une fiole jaugée de 50 cc. 5 contenant préalablement 5 gr. de zinc en poudre. On suspend cette fiole dans l'eau ou dans la vapeur d'un bain-marie bouillant; après quelques instants on ajoute peu à peu en quatre ou cinq fois, toutes les cinq minutes, 10 cc. d'acide chlorhydrique pur et fumant. Quelques minutes après la dernière addition d'acide on refroidit la fiole, on complète ensuite avec de l'eau le volume de 50 cc. 5 on agite, on filtre et on observe au saccharimètre pour avoir la déviation après inversion. On multiplie cette deviation par 2,5 si l'observation a été faite dans un tube de 20 c/m. Si au contraire l'observation a été faite dans un tube de 50 c/m, la déviation observée est celle qui aurait été produite par la liqueur pure intervertie.

On calcule ensuite le sucre cristallisable par la formule de Clerget.

Sucre cristallisable $= \frac{100\ S}{144 - 0,5\ t}$ dans laquelle $S =$ la somme des polarisations avant et après inversion, et t la température centigrade du liquide au moment de l'observation saccharimétrique de la liqueur invertie

Herzfeld a trouvé que le chiffre 144 proposé par Clerget n'est pas exact, et il le remplace par le chiffre 142,5, de sorte que la formule de Clerget modifiée par lui est

$$S = \frac{100\ S}{142,5 - 1/2\ t}$$

Certains chimistes préfèrent employer la formule de Creydt au lieu de celle de Clerget.

Cette formule est la suivante pour le saccharimètre Laurent :

$$S = \frac{C - 0.489\ A}{0,810}$$

dans laquelle

S représente le sucre cristallisable.

A = la déviation directe.

B = la déviation après inversion.

C = la somme des déviations.

L'observation saccharimétrique doit être faite à 20° C.

Dosage de la raffinose. — Creydt a donné pour calculer la raffinose (R) la formule suivante déduite de la précédente :

$$R = \frac{A - S}{1.54}$$

Cette formule se rapporte à la raffinose hydratée à 3 molécules d'eau ($C^{12}H^{11}O^{11}$, 3HO). Le pouvoir rotatoire de la raffinose anhydre ($C^{12}H^{11}O^{11}$) n'est plus de 103°6, mais de 119°95, ce qui conduit à la formule

$$R = \frac{A - S}{1.78}$$

Pour le saccharimètre Schmidt et Hensch dont le poids normal est 26 gr, 018, la formule de la raffinose est

$$R = \frac{A - S}{1.85}$$

Les formules de Creydt supposent que l'observation saccharimétrique après inversion a lieu à la température de 20° C.

Pellet et Biard ont donné la formule suivante pour le calcul de la raffinose :

$$R = \frac{(288 - t)\,(A - P)}{273.32 - 1.59\,t}$$

dans laquelle

A = la déviation directe, P = le chiffre obtenu par l'application de la méthode Clerget.

L'emploi de cette formule peut devenir très simple si l'on calcule d'avance les multiplicateurs de A—P pour les températures comprises entre 10 et 25°.

La raffinose étant obtenue, on la multiplie par 1,59 qui est son pouvoir rotatoire par rapport au sucre, et en retranchant le produit du nombre A on a le sucre.

Grunning emploie une autre méthode ; il se sert d'alcool méthylique commercial non saturé de sucre (contrairement à ce que fait Scheibler), et calcule la raffinose d'après la formule suivante applicable aux saccharimètres français :

Si x = Sucre dans 100 cc.

y = Raffinose dans 100 cc.

P = Rotation avant inversion.

P' = Rotation après inversion à la température t.

$$102\ x + 158{,}4\ y = 16{,}20\ \text{P}.$$

$$(44 - 0{,}5\ t)\ x + (75 + 0{,}5\,t)\ y = 16{,}20\ \text{P}'$$

$$\text{d'où}:\ y = 16{,}20 \times \frac{(44 - 0{,}5\ t)\ \text{P} - 102\ \text{P}'}{158\ (14 - 0{,}5\ t) + 102\ (75 + 0{,}5\ t)}$$

On opère de la façon suivante :

1° On agite 100 gr. du sucre dans un ballon de 250cc. à col étroit pendant quelque temps, avec 150cc. d'esprit de bois auquel on a ajouté quelques gouttes d'alun pour neutraliser. On prélève 100cc. qu'on distille dans un ballon et on recueille environ 40cc. d'alcool. Le contenu du ballon est additionné de 20cc. d'eau, puis de sous-acétate de plomb. Jusqu'à cessation du précipité. On ajoute ensuite une petite quantité d'alumine humide. On complète, à 100cc., on filtre et on polarise.

50cc. du liquide filtré sont évaporés pour chasser l'alcool, on reprend par l'eau + 1/10 HCl et on complète de nouveau à 50cc. On chauffe à 68° pour l'inversion. Après refroidissement, on polarise.

La quantité de raffinose trouvée en appliquant la formule est multipliée par 1,5 et donne ainsi le pour 100 de raffinose dans le sucre.

2° Lorsqu'on a à analyser des bas produits on opère sur 30 gr. qu'on traite par 6 à 9cc. d'eau. On ajoute de l'alun jusqu'à neutralisation. On chauffe pour dissoudre et on agite avec 120cc. d'esprit de bois. On laisse refroidir, on complète à 150cc. avec de l'alcool méthylique, on ajoute un peu de sucre en poudre et on agite pendant 1 heure. Après addition de 10 à 11cc. d'alcool méthylique pour corriger le volume du sucre séparé, on filtre et on opère comme ci-dessus.

La raffinose obtenue multipliée par 5 donne le pour 100 du sucre en raffinose.

3° Pour l'analyse des mélasses, on pèse 12 gr., on introduit dans un ballon de 150cc., on ajoute 12 gr. eau + de l'alun. On dissout la mélasse et on complète avec l'esprit de bois, on filtre et on opère sur 100cc. du liquide comme en (1). Le chiffre trouvé est multiplié par 12.5.

Méthode Lindet modifiée par MM. Bardy et Gérard pour l'analyse des mélasses.

On introduit le poids normal de mélasse, 16 gr. 20, avec le moins d'eau possible, dans une fiole de 200 cc. environ, à fond plat et large. Ajouter ensuite 10 grammes de zinc, une vingtaine de petites billes de verre et 1 cc. d'une solution de sulfate de cuivre à 5 p. 100.

Agiter et ajouter 5 cc. d'acide chlorhydrique à 50 p. 100.

Porter au bain-marie bouillant, et, quand l'équilibre de tempéra-

ture est obtenu, procéder à des additions d'acide, 2 cc. de deux en deux minutes, jusqu'à concurrence de 20 cc. en agitant presque constamment.

Lorsque tout l'acide est introduit, retirer du bain-marie, ajouter encore 1 gramme de zinc, refroidir, décanter dans une fiole jaugée de 200 cc., laver le zinc par décantation, affleurer à 20° C., filtrer et observer au polarimètre.

La lecture multipliée par 2 est comparée à celle obtenue avant inversion sur le demi-poids normal (16,19 dans 200 cc.) ; on calculera le sucre et la raffinose à l'aide des deux formules suivantes :

$$(1)\ S = \frac{(T \pm t) - 0{,}489 \times T}{0{,}81}; \qquad (2)\ R = \frac{T - S}{1{,}78}$$

dans laquelle T = le titre direct, t = le titre après inversion, S = sucre cristallisable et R = raffinose anhydre. Si l'on veut calculer le raffinose en raffinose hydraté, la formule devient $R = \frac{T - S}{1{,}54}$

Dans la formule (1) on prend $T + t$ quand les polarisations sont de sens contraire, et $T - t$, quand elles sont de même sens.

On peut également faire une prise d'essai de 16,19, ou un poids très voisin exactement noté, obtenu par pesée directe dans une fiole préalablement tarée, ajouter 5 grammes de zinc, quelques billes de verre, intervertir en 10 minutes à l'aide de 10 cc. d'acide dilué et décanter dans 100 cc. Dans ce cas on évite de doubler la lecture après inversion et on compare cette lecture à celle obtenue avant inversion sur le liquide à 16,19 dans 100 cc.

Remarques. — Une pesée initiale de 64 gr. 76 de mélasse dans 400 cc., ou de 97 gr. 14 dans 150 cc., ou de 129 gr. 52 dans 200 cc., permet de prélever plusieurs prises d'essai de 16 gr. 19 à l'aide d'une petite fiole jaugée de 25 cc., 6 à 8 cc. d'eau suffisent pour rincer complètement la fiole.

L'emploi des billes de verre, qui se trouvent agitées au sein d'une liqueur concentrée et d'une faible épaisseur, produit un contact intime de toutes les parties du liquide avec le zinc et empêchent ce dernier de se déposer au fond du vase et de s'y agglomérer.

L'addition de sulfate de cuivre a pour but d'activer et de régulariser l'attaque du zinc : certains zincs, en effet, ne s'attaquent que difficilement, même à chaud, l'acide reste libre longtemps sans se saturer et on risque de produire une déversion.

La table n° 94 simplifie les calculs pour l'application des formules de la méthode Lindet.

Incristallisable ou sucre interverti. — Supposons que l'on ait dissous 50 gr. de mélasse pour faire 500cc. de solution.

On dose l'incristallisable sur la liqueur filtrée qui a servi à la polarisation directe. Si cette liqueur ne contient pas un excès appréciable de plomb, on l'emploie telle quelle. Si au contraire elle contient trop de plomb, on le précipite par le sulfate de soude.

A l'aide d'une burette graduée on verse la liqueur sucrée sur 1, 2, 3, 4 ou 5cc de liqueur de Fehling dans un tube à essai, à l'ébullition, suivant la teneur présumée de la mélasse en incristallisable, et du nombre de cc. de liqueur sucrée employée, on calcule de la manière suivante la teneur en incristallisable.

Supposons qu'on ait employé 15cc. de liqueur sucrée pour décolorer 5cc de liqueur de Fehling au titre de 0 gr. 005 de glucose pour 1cc.

Si 15cc contiennent 0 gr. 025 d'incristallisable, 110cc correspondant à 10 gr. de mélasse, en contiendront $\frac{0.025 \times 110}{15}$

et 100 gr. de mélasse en contiendront $\frac{0.025 \times 110 \times 100}{15 \times 10} = 1.83.$

On peut aussi employer les méthodes décrites à l'analyse des sucres bruts.

Au lieu de liqueur de Fehling on peut employer la liqueur Violette en se rappelant qu'elle correspond pour 10cc. à 0 gr. 0526 de sucre inverti.

Voir ce que nous avons dit des dérivés du glucose dans l'analyse de la masse cuite 1er jet.

Au lieu de doser l'incristallisable volumétriquement par la décoloration d'un volume donné de liqueur Fehling, il est plus exact de peser le cuivre réduit. Pour cela, on verse 50 cc. de la liqueur sucrée filtrée dans une capsule de porcelaine ou dans un verre de Bohême et l'on chauffe jusqu'à l'ébullition, puis on y ajoute une quantité suffisante de liqueur de Fehling. On chauffe alors encore à l'ébullition, exactement 2 minutes afin d'obtenir une précipitation complète. On traite le dépôt de la manière connue et l'on pèse soit à l'état de bioxyde de cuivre (CuO), soit à l'état de cuivre métallique, et la table d'Allihn n° 60 donne l'interverti.

Cendres. — On détermine les cendres comme s'il s'agissait d'une masse cuite 1er jet; mais il ne faut opérer que sur 2 grammes. Le poids des cendres multiplié par 0,9 et par 50 (ou simplement par 45) donne la teneur centésimale en cendres de la mélasse.

Calculs du rendement des masses cuites et égouts en sucre.

Les sirops cessent de cristalliser quand leur coefficient salin est descendu à 3,75 en moyenne, c'est-à-dire quand ils ne contiennent plus que 3,75 de sucre pour 1 de cendres.

Soit une masse cuite 2e et 3e jet dont l'analyse a donné :
Densité, 147,
Sucre, 57,
Cendres, 8.8,
Coefficient salin, 6.48,
Pour trouver le rendement, on raisonne ainsi :

Les 8 k. 800 de cendres empêcheront de cristalliser $8.8 \times 3.75 = 33$ k. de sucre. La masse cuite produira donc un rendement de $57 - 33 = 24$ k. par 100 kil.

$$\text{ou de } \frac{24 \times 147}{100} = 35 \text{ kil. } 28 \text{ à l'hectolitre.}$$

En exprimant par R le rendement en sucre, S la richesse saccharine de la masse cuite, C les cendres et D la densité, on a :

Rendement de la masse cuite 0/0 kil. $R = S - 3.75\ C$.

— — à l'hectolitre $R = \frac{(S - 3.75\ C)\ D}{100}$

Les formules ci-dessus expriment le rendement en sucre pur ; mais supposons que l'on turbine la masse cuite de manière à obtenir du sucre brut polarisant 94 et contenant 0.80 de cendres (titrage brut 90.80), la formule du rendement pour 100 kilog. de masse cuite deviendrait

$$R = \frac{100\ S - 3.75\ C}{94 - 0.80 \times 3.75}$$

En appelant P la polarisation et *c* les cendres du sucre brut, la formule devient

$$R = \frac{100\ S - 3.75\ C}{P - 3.75\ c} \qquad (1)$$

et le rendement par hectolitre de masse cuite de densité D serait

$$R = \frac{D\ S - 3.75\ C}{P - 3.75\ c} \qquad (2)$$

On peut également appliquer ces formules aux rendements des masses cuites dont la cristallisation n'est pas complète (masses cuites de 1er, 2e et 3e jets), en remplaçant le coefficient 3.75 par le coefficient salin des eaux mères, égouts ou dépression. Soit *a* ce coefficient salin, la formnle (1) devient

$$R = \frac{100\ S - a\ C}{P - a\ c} \qquad (3)$$

Ordinairement, les masses cuites 2e jet, concentrées seulement à la densité de 146 ou 147e n'abandonnent pas entièrement leur sucre par une première cristallisation ; par conséquent, la formule ci-dessus représente pour elles le rendement total pour deux cristallisations successives.

Quand les dépressions des masses cuites 3e jet ont atteint le coefficient salin de 3.75, quelquefois 3.50, on peut procéder au turbinage ; la cristallisation est achevée.

Analyse de la mélasse par la fermentation.

Cette méthode commence a être appliquée pour l'analyse des mélasses destinées à la distillerie.

Quantité de mélasse à mettre en fermentation. — Pour les mélasses normales de betteraves on doit en peser 250 grammes que l'on dissout pour former 1250 cc, (ce qui revient à 300 gr. par litre). Si l'on opère sur des mélasses de cannes qui sont ordinairement beaucoup plus riches que les mélasses de betteraves, il vaut mieux n'en employer que 150 gr. au litre (soit 187 gr. 50 pour 1250 cc.). Il ne faut pas que la solution de mélasse soit trop riche en sucre parce-qu'une partie de ce sucre échapperait à la fermentation et le rende_ment alcoolique en serait diminué. On est dans de très bonnes conditions lorsque le moût est composé pour donner environ 5 à 6 0/0 d'alcool.

Pour les mélasses d'exosmose, bien quelles soient moins riches en sucre, on doit conserver la même proportion que pour les mélasses ordinaires, parce qu'elles renferment des substances qui sont un obstacle à la fermentation.

On dissout l'échantillon pesé de mélasse avec 500 à 600 cc. d'eau environ dans une capsule de porcelaine, puis on procède à l'acidification de la solution.

Acidité. — Les mélasses de betteraves sont ordinairement alcalines ; on doit donc d'abord les neutraliser exactement avec de l'acide sulfurique dilué. La neutralisation obtenue, on les acidifie à raison de 1 gr. 50 à 2 gr. d'acide sulfurique monohydraté par litre de dissolution ou par 200 gr. de mélasse. Ces opérations se font dans la capsule de porcelaine. On porte ensuite à l'ébullition, on refroidit, puis on complète le volume de 1250cc avec de l'eau dans une carafe jaugée. Du mélange bien homogène on retire le volume excédant le litre ; 250cc sur une partie desquels on dose de nouveau l'acidité ; si elle correspond à 1 gr. 50 ou 2 gr. d'acide sulfurique libre, on met en fermentation si l'acidité est inférieure aux chiffres ci-dessus on ajoute une quantité suffisante d'acide sulfurique pour produire l'acidité convenable.

On ne doit pas employer l'acide à l'état de concentration, mais à l'état de liqueur titrée.

Levure. — On doit employer la levure de bière fraîche et pressée, exempte de glucose, fécule, farine, etc.

La dose a employer est de 5 0/0 du poids de la mélasse, soit 10 gr. pour les 200 gr. de mélasse.

On la délaie dans un verre à pied avec 60 à 80cc de la dissolution de mélasse, puis on l'introduit dans le vase à fermentation.

Fermentation. — On met en fermentation 1 litre du mélange correspondant à 200 ou à 150 gr. de mélasse suivant les cas. Les flacons à fermentation doivent avoir une contenance approximative de 2 litres. Ils sont munis d'un bouchon de caoutchouc percé d'un trou dans lequel passe un tube en S muni d'un index de mercure pour que la fermentation s'opère à l'abri de l'air. On met dans le flacon quelques gouttes d'huile d'œillette pour empêcher la mousse de déborder. On doit noter la densité ou le degré Baumé du liquide mis en fermentation.

Température. — La fermentation doit avoir lieu entre 25 à 30° C. A une température inférieure, elle marche trop lentement ; à une température supérieure, on s'expose à des pertes d'alcool par évaporation et à l'amoindrissement des propriétés actives du ferment.

Distillation. — Lorsque la fermentation est complètement achevée, ce que l'on reconnaît à ce qu'il n'y a plus dégagement d'acide carbonique, que l'index de mercure n'est plus agité, que la levure s'est déposée au fond du flacon, enfin comme dernier caractère, le plus mportant, que le liquide fermenté ne change plus de densité, on procède à la distillation.

La distillation peut avoir lieu, soit sur la totalité du liquide fermenté, ce qui est préférable, soit sur une partie seulement, 300 ou 500cc. Il est préférable de soumettre tout le vin à la distillation parce qu'on évite ainsi toutes les chances d'erreur; si on n'en distille qu'une fraction, il faut, avant de commencer, jauger exactement à nouveau tout le liquide fermenté dont le volume a changé pendant la fermentation.

On arrête la distillation lorsque l'on a recueilli un volume alcoolique égal à la *moitié* du liquide mis dans l'alambic.

Avant de prendre le degré alcoométrique du liquide distillé, il faut avoir soin de bien le mélanger par retournement pour le rendre homogène.

Rendement alcoolique et évaluation de la richesse de la mélasse. On détermine la richesse alcoolique du liquide distillé, avec un alcoomètre de Gay-Lussac ; on obtient la teneur en alcool que l'on rapporte par le calcul à 100 gr. de mélasse. (Voir à la fin de l'*Agenda* la détermination de la teneur en alcool des liquides).

D'après les nombreux essais faits par MM. Durin, Leplay et d'autres chimistes, on peut admettre que 100 kilos de sucre donnent un rendement de 60 à 61 litres d'alcool à 100° centésimaux. On n'aurait donc qu'à prendre l'un de ces deux coefficients pour calculer la teneur en sucre de la mélasse d'après son rendement en alcool. Mais comme

ces coefficients peuvent être contestés, il vaut mieux, chaque fois que l'on analyse une mélasse par fermentation, faire un essai comparatif semblable sur du sucre pur.

La fermentation du sucre pur est moins facile que celle de la mélasse. Voici les conditions qu'il faut observer. On dissout 100 gr. de sucre candi blanc dans 500 ou 600cc d'eau. On y ajoute environ 0 gr. 75 à 1 gr. d'acide tartrique, puis on fait bouillir ; on laisse refroidir et on complète le volume à 1 litre ; on y ajoute 10 gr. de levure de bière, et un peu (1 gr. environ) d'une matière azotée : nitrate de potasse, urée, asparagine. Il est bon également d'y mettre un peu de biphosphate de soude ou d'ammoniaque.

Comme contrôle de la fermentation des mélasses, il est recommandable d'en faire préalablement l'analyse. Il est bien également de polariser les vinasses et de les essayer à la liqueur cuivrique pour s'assurer si la fermentation du sucre a été complète.

On doit aussi doser l'acidité des vinasses après les avoir ramenées au volume primitif. Si cette acidité est restée la même, ou n'a augmenté que faiblement, on peut en conclure que la fermentation a été bonne. Si l'acidité avait changé sensiblement, ce serait un indice que la fermentation a été défectueuse, et il faudrait recommencer en augmentant la dose d'acide de 0 gr. 50 par litre.

Nota. — On doit avoir soin de prendre la densité ou le degré Baumé de la mélasse mise en fermentation, et de les déterminer encore lorsque la fermentation est complètement terminée. La pratique a enseigné que le nombre de degrés Baumé dont la densité a diminué, représente exactement la teneur en alcool.

Soit une solution de mélasse qui, avant la fermentation accusait 9° Baumé ou 6°6 de densité, et qui après la fermentation marque 3° B ou 2° 1 de densité.

L'atténuation de densité est de 6° B ou de 4°5 de densité.

La teneur en alcool du vin sera sensiblemeut de 6 0/0 (ou 4° 5 $\times$ 1.3 = 5.85).

Si les résultats donnés par la distillation s'écartent trop de ces chiffres, il y a probabilité que l'analyse a été mal faite.

Composition des masses cuites 2e jet.

Depuis la loi de 1884, les masses cuites 2e jet sont bien plus riches que par le passé en France.

La composition de ces produits variait avant 1884 de la manière suivante :

Sucre	de	62	à 68
Cendres		5	11
Matières organiques		14	17
Eau		8	12
Coefficient salin		6	9

Voici quelques analyses de masses cuites 2e jet de la campagne 1887-1888.

	1	2	3	4
Sucre cristallisable	69.90	67.60	70.85	73.20
Incristallisable	0.00	0.00	0.00	0.00
Dérivés du glucose	0.00	0.10	0.05	0.00
Non-sucre	20.31	22.53	17.46	15.55
Cendres	7.41	8.05	5.85	5.30
Matières organiques	12.90	14.48	11.61	10.25
Matières sèches	90.21	90.13	88.31	88.75
Eau	9.79	9.87	11.69	11.25
Alcalinité libre	0.20	0.08	0.25	0.29
Chaux totale	0.05	0.18	0.02	0.04
Degré de pureté	77.48	75.00	80.23	82.48
Coefficient salin	9.44	8.39	12.11	13.81
Coefficient organique	5.41	4.66	6.10	7.14
Rendement °/° en 2e et 3e jets au coefficient 3.75 pour les cendres	42.12	37.42	48.92	53.33

Les masses cuites précédentes sont très bonnes comme travail, excepté le n° 2 qui contient trop de chaux et de sels de chaux.

Les nos 3 et 4 ont un coefficient salin suffisament élevé pour pouvoir être cuites en grains ; aussi est-il avantageux d'introduire une partie des égouts de premier dans les sirops destinés à alimenter la masse cuite de premier jet.

CHAPITRE V

Analyse des sucres

Méthode ordinaire. — *Eau.* — On dose l'eau sur 5 gr. que l'on dessèche à l'étuve à la température de 100 — 110° C. Perte de poids = 0 gr. 10.

D'où : Eau 0/0 = $\frac{0.10 \times 100}{5} = 2$ ou $0,10 \times 20 = 2$.

Ordinairement on se sert, pour chasser l'eau, de l'étuve à air chaud (fig. 25) en fonte, intérieur porcelaine. Mais il vaudrait mieux faire la dessiccation dans le vide. Les étuves Vivien et Sidersky (fig. 26) conviennent très bien pour cela.

Cendres. — Les 5 gr. de sucre qui ont servi à doser l'eau sont employés à faire le dosage des cendres.

On procède comme pour la masse cuite, soit 0 gr 070 le poids des cendres ; nous avons $0,07 \times 0.9 = 0,063$.

D'où cendres 0/0 = $\frac{0.063 \times 100}{5} = 1.26$ ou $0.063 \times 20 = 1.26$.

Nous conseillons pour faire les cendres, soit le fourneau Coton et Adnet (fig. 27) ou mieux encore le fourneau Courtonne, nouveau modèle, à 2 étages (fig. 28) permettant de chauffer 12 à 16 capsules de platine à la fois.

Sucre cristallisable. — On pèse 16 gr. 20 de sucre que l'on verse dans un entonnoir placé sur une fiole à *col étroit*, jaugée à 100cc. On verse de l'eau chaude ou froide sur le sucre qui se dissout et tombe dans la fiole ; on lave soigneusement l'entonnoir avec la pissette. On aide à la dissolution des cristaux de sucre entraînés dans le ballon, en imprimant à celui-ci un mouvement giratoire. Quand la dissolution est opérée, et que le liquide est froid, on clarifie avec 2 ou 3 centim. cubes de sous-acétate de plomb, on complète le volume à 100cc, on filtre, et on polarise. Le nombre de degrés lus au polarimètre indique immédiatement la richesse en sucre. Soit 95.50 0/0 de sucre

Incristallisable. — Ordinairement les sucres de betterave ne contiennent pas d'*incristallisable*. Quand ils en contiennent par suite d'un mauvais travail, on peut le doser par l'une des méthodes suivantes.

a) Vivien conseille une méthode qui est applicable quand les sucres ne contiennent pas plus de 0.1 0/0 d'incristallisable, ce qui est le cas général pour les sucres de betteraves.

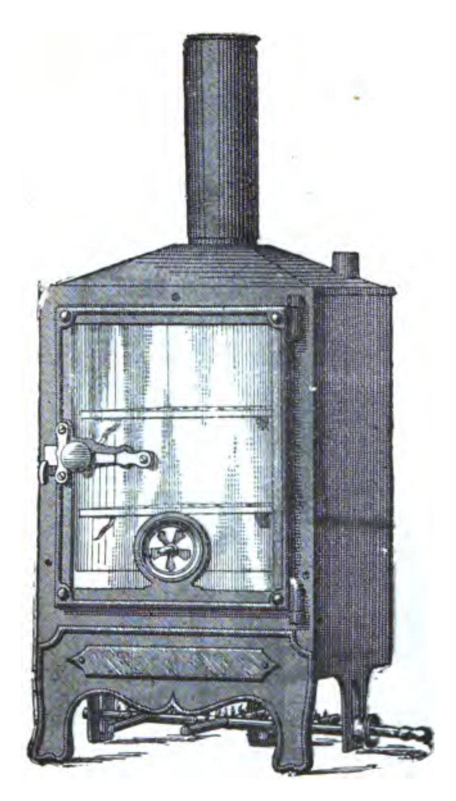


Fig. 25

Les teneurs inférieures à 0.1 d'incristallisable sont appréciées par comparaison par des essais faits avec des solutions de glucose correspondant à tous les points compris entre 0.1 et 0.01.

L'essai se fait comme suit :

10 grammes de sucre sont dissous dans environ 100cc d'eau ; on y

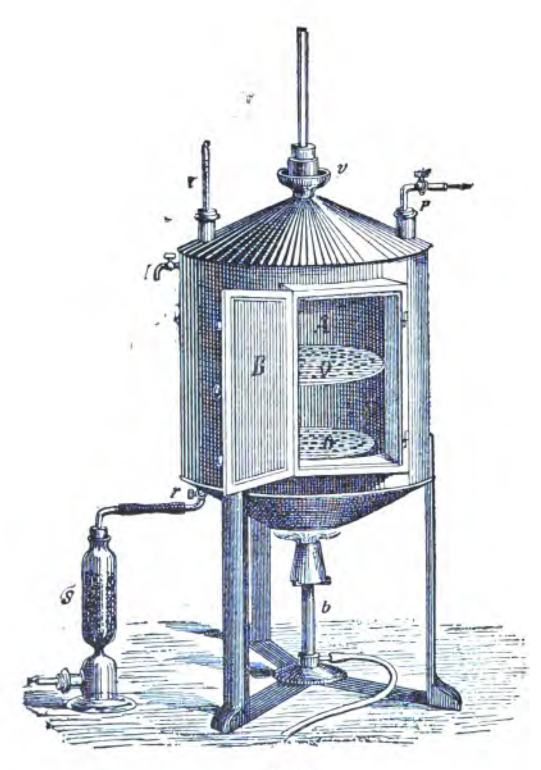


Fig. 26.

ajoute ensuite 10cc d'une liqueur cuivrique correspondant à 0.01 de sucre interverti ; on fait bouillir et l'on abandonne le tout au repos dans un verre. S'il y a décoloration complète et dépôt d'oxydule de cuivre, le sucre contient plus de 0.1 d'incristallisable pour 100, et alors on en fait le dosage d'après l'une des méthodes suivantes.

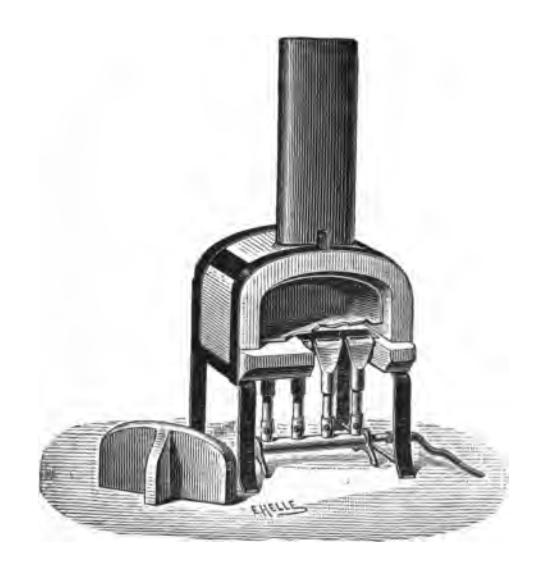


Fig. 27.

S'il n'y a aucune décoloration, ni aucun dépôt rouge, le sucre ne contient pas d'incristallisable ; enfin si la décoloration n'est pas complète et qu'il y ait dépôt rouge, la proportion d'incristallisable sera comprise entre 0.1 et 0.01 0/0. On apprécie alors par comparaison avec des solutions types de glucose de 0 gr. 01 à 0 gr. 1, et présentant 2 colorations et 2 dépôts différents après traitement à la liqueur cuivrique, quelle est la teneur du sucre en incristallisable. Les différences sont assez tranchées pour que, avec un peu d'habitude, on puisse se passer des types.

Nota. — C'est sur la liqueur déféquée au sous-acétate de plomb et dont l'excès de plomb a été précipité par le carbonate de soude, ou le zinc en poudre que doit être déterminé l'incristallisable, parce que les sucres contiennent quelquefois des matières organiques réductrices qui ne sont pas du sucre interverti.

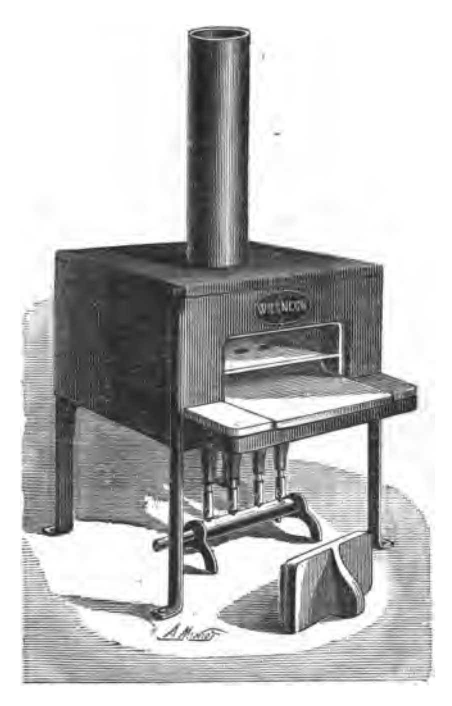


Fig. 28.

b) On introduit dans un tube à essai 1, ou 2, ou 5 ou 10cc. de liqueur Violette, suivant la richesse du sucre en incristallisable, et on étend d'un peu d'eau ; on chauffe le mélange à l'ébullition, puis on y fait tomber goutte à goutte la solution sucrée qui a servi à la polarisation. Soit 13cc 2 la quantité de liqueur sucrée (16 gr. 20 dans 100cc) qu'il a fallu employer pour décolorer 0,5cc de liqueur Fehling, au titre de 0,005 incristallisable par c. c.

Ces 13cc2 contenant 0,5 × 0,005 de sucre incristallisable, 100cc correspondant à 16 gr. 20 de sucre brut en contiendront $\frac{0,5 \times 0.005 \times 100}{13.2}$ et

100 gr. de sucre brut en contiendront $\frac{0,5 \times 0.005 \times 100 \times 100}{13.2 \times 16.20} = 0$ gr. 169.

Incristallisable $= \frac{10.000\ t\ n}{16.19 c.}$ formule dans laquelle t représente le titre de la liqueur cuprique, n le nombre de c.c. de cette liqueur employés et c le nombre de c.c. de liqueur *sucrée* employés.

Dans cette formule on peut calculer l'expression $\frac{10.000\ t\ n}{16.20}$ pour les différentes valeurs de t et de n, et l'on n'aura plus alors, pour obtenir l'incristallisable, qu'a diviser cette valeur par le nombre c, représentant les c.c. de liqueur sucrée employés.

La table suivante donne les différentes valeurs de $\frac{10.000\ t\ n}{16.19}$

Liqueur cuivrique.						Titre de la liqueur cuivrique par c. c.
0.5 c. c.	1 c. c.	2 c. c.	2.5 c. c.	5 c. c.	10 c. c.	
						0.0047
						0.0048
						0.0049
1.544	?.088	6.176	7.720	15.441	30.833.......	0.0050
1.575	3.150	3.300	7.875	15.750	31.500.......	0.0051
1.606	3.212	6.424	8.029	16.059	32.118.......	0.0052
1.637	3.274	6.547	8.184	16.368	32.736.......	0.0053
1.668	3.335	6.670	8.338	16.676	33.353.......	0.0054
1.698	3.397	6.794	8.492	16.985	33.971.......	0.0055

Dans l'exemple précédent, il suffit donc pour avoir l'incristallisable de diviser 1.544 (correspondant au titre 0.005 par le nombre de c.c. de solution sucrée employés pour la décoloration $\frac{1.544}{13.2} = 0.169$ %.

Matières organiques et inconnu. — On les obtient par différence en retranchant de 100 la somme du sucre, de l'incristallisable, des cendres et de l'eau, $= 100 - (2 + 1.26 + 0.169 + 95.50) = 1.071$.

Titrage brut. — Le titrage s'obtient en retranchant du sucre cristallisable : 1° 4 fois le poids des cendres ; 2° ; 2 fois celui de l'incristallisable

Dans notre exemple nous avons :

Sucre cristallisable		95.500
Cendres $1.26 \times 4 =$	5.04	5.378
Incristallisable $0{,}169 \times 2 =$	0.338	
Titrage		90.122

Nota. — Pour les sucres blancs 1er jet, le commerce ou plutôt la raffinerie a conservé le coefficient 5 pour les cendres.

Titrage net. — Pour évaluer le titrage *net*, on ne tient pas compte de la fraction ; nous avons donc 90°. De ce chiffre on retranche 1 1/2 %, soit titrage net $= 90 - \frac{90 \times 1.5}{100} = 88.65$. (Toutes ces conditions qui n'ont rien de scientifique, sont imposées par la raffinerie).

C'est sur le chiffre du titrage net que s'établira la facture.

Voici comment on libelle ordinairement le bulletin d'analyse :

Polarisation (sucre cristallisable)	95.500
Incristallisable	0.169
Cendres	1.260
Eau	2.000
Inconnu	1.071
	100.000

Titrage aux coefficients 4 et 2.................... 90.122

2° *Méthode de la Régie.* — On pèse 5 fois la prise d'essai du saccharimètre (soit $16.20 \times 5 = 81$ gr.) que l'on dissout dans une capsule de porcelaine, dans 160 à 180 cc. d'*eau distillée*, et on laisse reposer, on décante le liquide dans un ballon jaugé de 250 cc., on rince la capsule à plusieurs reprises, puis on remplit le ballon jusqu'au trait de jauge et on mélange le tout par agitation et retournement. On en prélève 50 cc. (correspondant à 16 gr. 20 de sucre), que l'on introduit dans un ballon jaugé à 100 cc. ; on complète avec de l'eau, et quelques gouttes de sous-acétate de plomb ; on filtre et on polarise.

Sur une proportion de ce liquide, on dose l'incristallisable avec la liqueur de *Fehling*, ou la liqueur de *Violette*.

On dose les cendres sur une portion filtrée de la solution primitive. On en prélève à l'aide d'une pipette spéciale (pipette Bardy) 12 cc. 346 correspondant à 4 gr. de sucre que l'on introduit dans une capsule de platine préalablement tarée et contenant 1 cc. environ d'acide sulfurique pur. On évapore à l'étuve à la température de 110 — 120° puis on incinère à la moufle.

Cette méthode, employée dans les laboratoires de l'Etat, élimine toutes les matières insolubles que peut contenir accidentellement le sucre ; elle accuse donc ordinairement moins de cendres, de sorte qu'elle rend le titrage des sucres plus élevé. La différence n'est pas sensible pour les sucres *propres* ; mais elle peut être considérable

pour les sucres accidentellement salis ; inutile de dire que l'analyse de la Régie est la seule exacte dans ce dernier cas.

Méthode des 4/5. — Cette méthode connue sous le nom de *méthode commerciale*, après avoir été longtemps en usage dans les laboratoires commerciaux, tend heureusement à être complètement abandonnée.

On détermine l'eau par dessiccation, l'inscristallisable par la liqueur cuivrique, les cendres par incinération sulfurique ; on prend les 4/5 du poids des cendres et l'on considère le nombre obtenu comme représentant les matières organiques. La somme des poids de l'eau, des cendres et des matières organiques retranchée de 100 = le sucre cristallisable.

Pour le sucre pris comme exemple nous aurons en appliquant cette méthode

Eau	2.000
Cendres	1.260
Incristallisable................	0.169
Matières organiques $\frac{4 \times 1.26}{5}$	=1.008
Total..............	4.437

Sucre cristallisable 100 — 4.437 = 95.563 au lieu de 95.50.

CHAPITRE VI

Analyse des différents produits en cours de fabrication, en vue de la qualité du travail, jus, sirop, alcalinité, dosage de la chaux et des sels de chaux.

Jus carbonatés.

L'analyse des jus carbonatés soit avant, soit après filtration, se fai de la même manière que celle des jus bruts.

Toutefois, comme les jus carbonatés sont chauds, il faut préalablement les refroidir à 15°c. De plus, comme ils contiennent de la chaux qui influence la densité, la teneur en cendres, ainsi que la polarisation, il faut, avant toute analyse, précipiter cette chaux par un courant d'acide carbonique. Après précipitation de la chaux on filtre, et sur le liquide filtré on fait les mêmes dosages que sur le jus brut.

Les analyses des jus carbonatés ont surtout pour but d'évaluer le degré d'épuration que leur ont fait subir le traitement calco-carbonique et la filtration.

On fait sur les sirops les mêmes dosages et déterminations que sur les jus carbonatés et sur les jus bruts. Il faut toujours avoir soin de précipiter la chaux par un courant d'acide carbonique.

On peut opérer soit sur un *poids*, soit sur un *volume* de sirops.

Quand on fait les dosages en fonction du poids des sirops, on en pèse 16 gr. 19 pour déterminer le sucre, et 5 gr. pour déterminer les cendres. Pour le calcul du degré de pureté on détermine le degré Brix-Dupont, soit à l'aide du *saccharomètre,* soit avec la table de concordance 18 et 19.

Quand on fait les dosages en volume, on ramène, avec de *l'eau distillée* (1), le sirop à la densité de 4° ou 5° (ou à toute autre densité se rapprochant de celle des jus d'extraction). On en prend la densité très exactement à + 15°c, et l'on exécute les mêmes dosages que sur les jus carbonatés.

(1) On peut se servir, pour cet usage, de l'eau de condensation des vapeurs de l'usine, ou des eaux ammoniacales du triple-effet, en ayant soin de les faire bouillir fortement pour chasser l'ammoniaque.

Alcalinité des jus et sirops.

Il est très important de doser exactement l'alcalinité des jus et sirops, parce que de cette alcalinité surtout dépend la conservation des bas-produits.

L'alcalinité des jus et sirops s'exprime toujours en chaux (CaO).

Différents procédés sont en usage pour la détermination de l'alcalinité. Seul, l'emploi des liqueurs titrées donne des résultats rigoureux; les papiers titrés sont très utiles entre les mains des ouvriers et comme moyen rapide de contrôle, mais ils ne donnent que des indications approximatives.

Liqueurs titrés. — On conçoit que l'on peut varier à l'infini l'emploi des liqueurs titrées pour la détermination de l'alcalinité des jus.

Voici le contrôle que nous conseillons et qui est aussi simple que rigoureux.

1re *carbonatation.* — Comme moyen de contrôle rapide pouvant être employé par l'ouvrier carbonateur, nous conseillons la liqueur sulfurique blanche à la phtaleïne (dite liqueur *Vivien*). Cette liqueur est titrée de telle façon que quand elle neutralise volume à volume un jus sucré, ce jus contient 0 gr. 50 de chaux par litre. On opère la réaction dans un tube divisé en 6 parties égales marquées 0 — 5 — 10 — 15 — 20 — 25 (fig. 29). On remplit de jus sucré la partie inférieure jus-

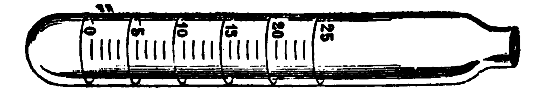


Fig. 29.

qu'au 0, puis on ajoute, à l'aide d'une pissette, la liqueur alcalimétrique. Le liquide se colore d'abord en rouge, puis redevient incolore à la partie supérieure. On interrompt l'affusion de la liqueur titrée, et l'on agite le tube par retournement; si le liquide reste rouge, on continue à verser de la liqueur titrée, en mélangeant de temps à autre par retournement; quand la teinte rouge a disparu, toute la chaux est saturée.

Si l'on s'est arrêté en face du trait 10, le jus contient 1 gr. de chaux par litre; si l'on ne s'est arrêté au contraire qu'entre 10 et 15, en face du trait 13, le jus contient une alcalinité égale à 1 gr. 30 de chaux par litre.

2° *carbon atation.* — Pour les jus de deuxième carbonation, on emploie la même liqueur, mais d'un titre deux fois plus faible, de sorte que si la réaction s'arrête en face le nombre 5, le jus contient une alcalinité égale non pas à 0,5, mais à $\frac{0.5}{2} = 0.25$ de chaux par litre.

Cette liqueur est certainement la plus commode à employer pour le contrôle de la 1re carbonatation, parce que le changement de teinte indiquant la fin de la réaction est d'une grande sensibilité.

Elle est moins bonne pour les jus de 2e carbonation, dans lesquels on laisse une alcalinité beaucoup plus faible.

Cette alcalinité est causée : 1° par la chaux libre et les alcalis caustiques ; 2° par les alcalis caustiques et leurs carbonates. L'ammoniaque mise en liberté par la chaux concourt aussi à la formation de l'alcalinité dans les jus; mais elle n'existe plus dans les sirops, l'ébullition du liquide l'ayant chassée.

Il n'est pas indifférent que l'alcalinité du jus de 2e carbonation soit due à la chaux, aux alcalis libres ou à leurs carbonates.

On doit éviter autant que possible l'alcalinité due à la chaux libre, parce que cet alcali crée des difficultés dans le travail des mélasses par l'osmose.

L'alcalinité due exclusivement aux carbonates alcalins ne protège pas toujours les sirops et surtout les égouts de deuxième et troisième jet, contre l'altération du sucre. Sous l'influence de la chaleur des emplis, ces carbonates se neutralisent peu à peu, les sirops deviennent neutres, puis acides, finissent par mousser, et la production du sucre interverti ne tarde pas à avoir lieu.

Les sirops atteints de cette altération, qu'on a improprement appelée *fermentation*, ne peuvent plus servir qu'à la distillerie.

Il faut donc que les jus de 2e carbonatation soient alcalins, et que leur alcalinité soit due aux alcalis caustiques, potasse et soude.

Généralement quand toute la chaux caustique et celle combinée aux acides organiques est précipitée par l'acide carbonique à l'état de carbonate, les alcalis caustiques potasse et soude commencent à se carbonater. C'est à ce moment précis que la 2e carbonatation doit être arrêtée, car si on continue l'admission du gaz carbonique, les alcalis caustiques passeront entièrement à l'état de carbonates.

Si l'on détermine l'alcalinité du jus avant que les alcalis caustiques aient commencé à se carbonater, on obtient l'*alcalinité totale* du jus; si l'on détermine cette alcalinité, avec la liqueur titrée à la phtaléine, quand toute la chaux a été carbonatée, et que les alcalis caustiques n'ont pas encore commencé à l'être, on obtient aussi l'*alcalinité totale*.

Mais si les alcalis caustiques sont déjà en partie carbonatés, la liqueur à la phtaléine n'indiquera pas l'alcalinité totale, elle n'indiquera

que l'*alcalinité libre*, c'est-à-dire la quantité d'alcàlis non carbonatés. Pour que la liqueur à la phtaléine indique l'alcalinité totale, il faut opérer à l'ébullition qui chasse l'acide carbonique. Il en est de même lorsqu'on emploie comme indicateur la teinture de tournesol.

Cependant en présence des carbonates alcalins, la teinture de tournesol, à froid, indique une alcalinité plus élevée que la phtaléine du phénol; cela tient à ce que les carbonates alcalins font virer la teinture du tournesol au bleu, tandis qu'ils ne rougissent pas la phtaléine ; mais l'acide carbonique agit sur les deux indicateurs, en décolorant la phtaléine et en rougissant le tournesol.

Il en résulte qu'un jus de 2e carbonatation peut sembler neutre à la phtaléine et alcalin au tournesol ; cela indique, dans ce cas, que le jus ne contient pas d'alcalis libres, mais seulement des alcalis carbonatés. Pour avoir l'alcalinité totale due à la présence de la potasse et de la soude carbonatée, il faut opérer à l'ébullition du liquide, ou bien opérer sur le jus et à sa température ordinaire, on même à froid, mais employer comme indicateur. la *phénacétoline*.

On doit donc rechercher dans le jus saturé, et surtout dans les sirops et les ma-ses cuites l'*alcalinité libre* et *l'alcalinité totale*.

L'*alcalinité libre* s'obtient en employant à froid, la phtaléine comme indicateur.

L'*alcalinité totale* s'obtient en employant à froid la phénacétoline comme Indicateur ; ou le tournesol avec le *liquide* à chaud.

On peut aussi doser en un seul essai, l'alcalinité libre et l'alcali carbonaté, en une seule opération, au moyen de l'acide rosolique neutralisé. On opère d'abord à froid, en ajoutant la liqueur titrée jusqu'à production de la coloration jaune nette ; ce point correspond à la neutralisation de l'alcali libre. On chauffe ensuite, et dans le liquide maintenu à l'ébullition, on ajoute de nouveau de l'acide titré jusqu'à ce que la coloration rouge qui est revenue en chauffant ait viré au jaune persistant. La quantité d'acide employée à ce titrage correspond à l'alcali carbonaté.

Soit un titrage alcalimétrique opéré ainsi avec la liqueur Le Docte et l'acide rosolique, sur 25 cc. de jus. Nous employons à froid 2 cc. 3 de liqueur titrée pour faire virer au jaune. Le jus contient une alcalinité libre égale à 0 gr. 23 de CaO par litre. Nous faisons chauffer et nous employons encore 1 cc. 8 d'acide titré pour ramener au jaune le jus que l'ébullition avait fait revenir au rouge. Ce jus contient donc un alcali carbonaté égale à 0 gr. 18 de CaO par litre. Et l'alcalinité totale du jus correspond à 0 gr. 23 + 0.18 = 0 gr. 41 de CaO par litre.

On saura que l'alcalinité libre est constituée par de la potasse ou de la soude quand le jus ne précipitera pas par l'oxalate d'ammoniaque ammoniacal.

Il résulte de ce qui précède :

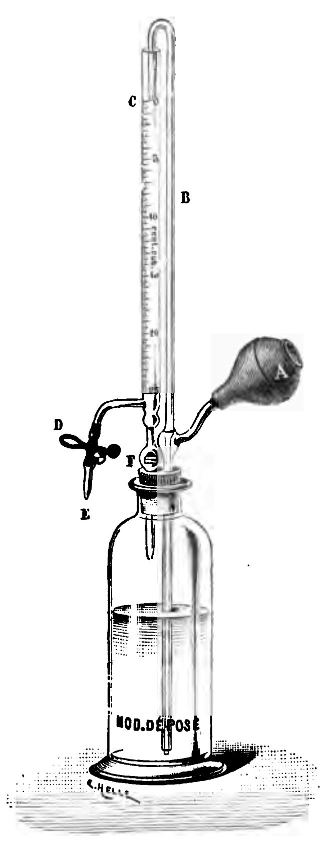


Fig. 29.

1° Que l'on doit arrêter la 2e carbonisation aussitôt que toute la chaux est précipitée et avant que les alcalis caustiques commencent à se carbonater.

2° Que si l'alcalinité du jus est dûe uniquement à des carbonates

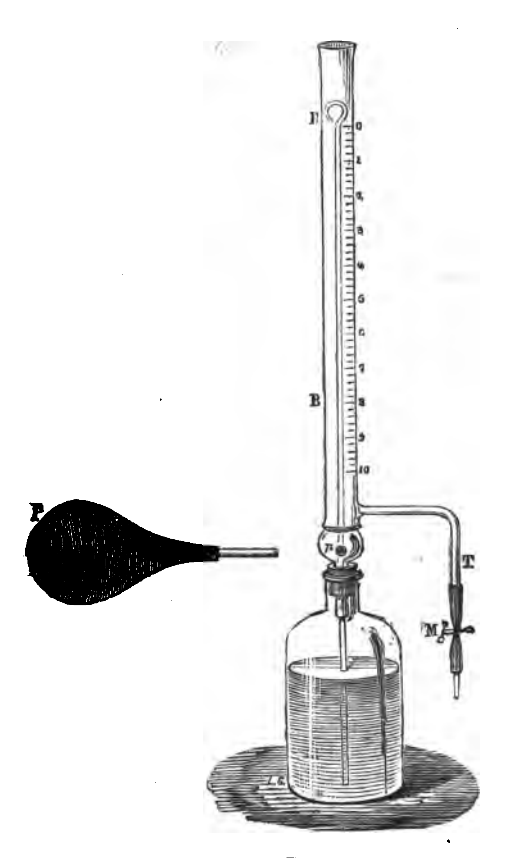


Fig. 30.

alcalins, il y a beaucoup de chances pour que les sirops fermentent. Pour prévenir la fermentation, il est bon d'ajouter au jus de la soude caustique de manière à avoir dans les sirops à 20° B, une alcalinité égale à 0 gr. 5 de CaO par litre.

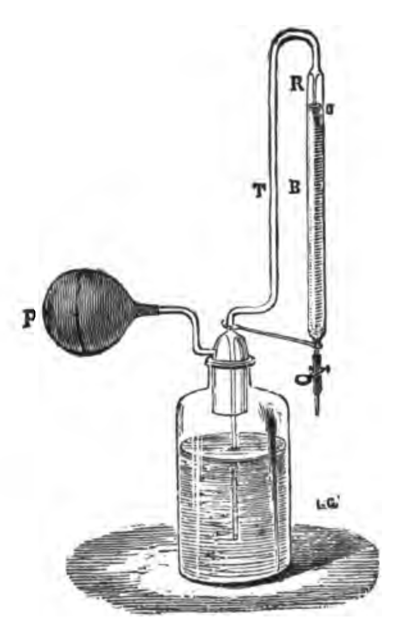


Fig. 31.

3° Que dans le cas où les jus renferment des sels de chaux à acides organiques, il importe de les détruire en précipitant la chaux par le carbonate de soude. Quand la réaction est opérée, on ajoute la quantité de soude caustique nécessaire pour avoir une alcalinité convenable.

A l'atelier de la carbonatation on peut parfaitement se contenter de déterminer l'alcalinité avec la liqueur sulfurique à la phtaléine, *à la condition* de connaitre, par des essais comparatifs à la phénacétoline ou au tournesol à chaud, à quelle *alcalinité* réelle correspond l'alcalinité partielle décelée par la liqueur à la phtaléine.

Pour déterminer *rigoureusement* l'alcalinité des jus *au laboratoire*, on se sert de la liqueur alcalimétrique Le Docte titrée de telle façon que 1 cc. employé dans 25 cc. de jus représente 0 gr. 1 de chaux par litre. Cette liqueur est mise soit dans une burette de Mohr,

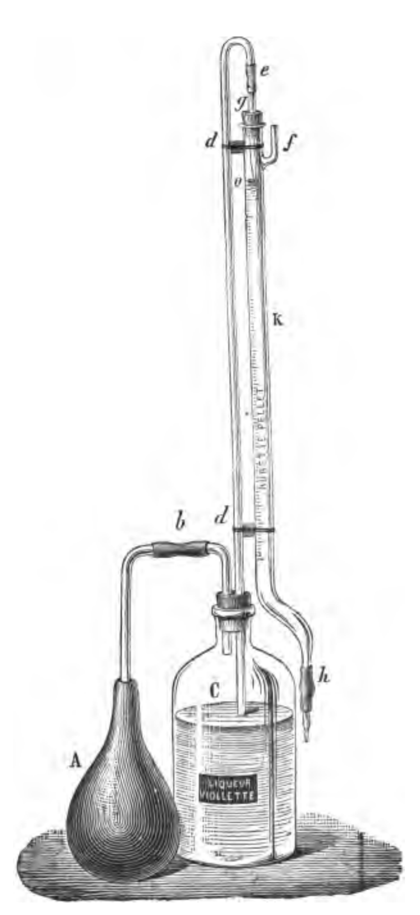


Fig. 32.

soit dans l'appareil Le Docte, ou dans le flacon-burette Pellet (fig. 32), ou mieux dans les flacons-burettes automatiques Gallois et Dupont (fig. 30-31) ou dans la burette Berlemont (fig. 29) qui sont d'un

maniement facile. Ces burettes qui sont très rustiques, peuvent être mises dans les mains des ouvriers. Le zéro étant indéplaçable, on est sûr que la liqueur titrée sera toujours exactement jaugée.

A l'aide d'une pipette, on prélève 25 cc. de jus que l'on met dans un verre à pied ou dans un bol, on y ajoute quelques gouttes de teinture de phtaléine ou de phénacétoline, ou encore de teinture d'acide rosolique neutralisé, suivant qu'on veut déterminer l'*alcalinité libre* ou l'*alcalinité totale*, et on fait couler goutte à goutte, de la burette, la liqueur alcalimétrique jusqu'à changement de teinte : soit 11 cc. 3, la quantité de liqueur alcalimétrique employée, l'alcalinité du jus correspond à 1 gr. 13 de CaO par litre.

Au lieu d'acide rosolique neutralisé on peut employer un *mélange d'acide rosolique neutralisé et de vert de quinoléine*, comme l'a proposé M. Lachaud. Cet indicateur versé dans le jus alcalin lui communique une teinte rouge qui passe au vert quand toute la chaux est saturée par l'acide ,

Alcalinité des sirops. — L'alcalinité des sirops se détermine de la même façon que l'alcalinité des jus de 2e carbonatation.

On opère sur 25 cc. de sirops additionnés de 25 cc. d'eau distillée pour mieux permettre l'appréciation de la réaction finale.

L'alcalinité *libre* s'obtient, en employant *à froid* la phtaléine comme indicateur ; pour l'alcalinité totale, on emploie la phénacétoline à froid en mieux le tournesol ou le lacmoïde à chaud. A l'aide de la burette de Mohr ou de l'alcalimètre Le Docte, ou mieux du flacon-burette Gallois et Dupont on laisse tomber goutte à goutte la liqueur sulfurique Le Docte jusqu'à décoloration de la phtaléine ou jusqu'à coloration rouge du tournesol ou du lacmoïde ; le nombre de C.C. de liqueur Le Docte employés indique, en 1/10 de gramme par litre, l'alcalinité du sirop exprimée en chaux ; soit 7 cc. 2 de liqueur Le Docte employés pour 25 cc. de sirop, l'alcalinité de ce sirop est de 20 gr. 7 de CaO par litre.

Dosage de la chaux totale dans les jus et sirops.

Par l'hydrotimètre. — On introduit 10 cc. de jus ou de sirop dans le flacon hydrotimétrique, et on complète à 40 cc. avec de l'eau distillée. Puis on verse goutte à goutte dans le flacon, à l'aide de la burette spéciale, la liqueur hydrotimétrique de savon ; on agite de temps à autre, en bouchant avec le pouce l'ouverture du flacon ; la réaction est terminée quand il se forme à la surface du liquide une mousse de 5 à 10 m/m d'épaisseur, persistant pendant 5 minutes. Le nombre de degrés de liqueur employés, lus sur la burette hydrotimétrique, multipliés par 0,0228 représente la chaux par litre.

Soit 27° de liqueur hydrotimétrique employés pour 10 cc. de sirops étendus à 40 cc. : chaux par litre = 27 × 0.0228 = 0 gr. 61.

NOTA. — La liqueur hydrotimétrique est titrée de telle façon que 1° employé pour produire la mousse sur 40 cc. de liquide, représente 0 gr. 0057 de chaux par litre. Dans notre exemple, nous avons employé 27° pour 10 cc. de jus ; pour 40 cc., nous en aurions employé 27 × 4. Chaux par litre = 27 × 4 × 0.0057 ; or, 40 × 0.0057 = 0,0228.

Donc, chaux par litre = nombre de degrés hydrotimétriques × 0.0228.

Dosage de la chaux totale par la pésée.

On précipite la chaux de 100 cc. de jus ou sirop, par l'oxalate d'ammoniaque ; on chauffe à l'ébullition, puis on filtre sur un filtre sans plis le précipité d'oxalate de chaux, on lave plusieurs fois à l'eau ammoniacale, puis on introduit le filtre contenant le précipité dans une capsule de platine, on humecte avec quelques gouttes d'acide sulfurique pour transformer l'oxalate de chaux en sulfatè de chaux ; on calcine pour éloigner l'acide oxalique et l'excès d'acide sulfurique. On pèse le sulfate obtenu dont le poids multiplié par 0.4118 donne la chaux (CaO) pour 100 cc.

Autre méthode. — 100 cc. de jus ou sirop sont additionnés de carbonate d'ammoniaque et d'ammoniaque caustique, puis portés à l'ébullition ; la chaux se précipite sous forme de carbonate que l'on recuille sur un filtre sans plis et que l'on lave à l'eau ammoniacale. Le filtre est ensuite détaché de l'entonnoir, séché à l'étuve à 100°c., puis chauffé au rouge naissant dans le four à moufle. On pèse sous forme de carbonate. Le poids obtenu multiplié par 0.56 représente la chaux pour 100 cc.

Comme dans ce procédé, on n'est pas toujours certain de n'avoir pas décomposé par la chaleur une partie de carbonate de chaux, au lieu de peser, on le dissout dans une quantité connue, 20 cc. par exemple, d'acide chlorhydrique demi-normal. On titre ensuite l'excès d'acidité par une liqueur de soude demi-normale, c'est-à-dire saturant l'acide volume à volume. La différence dans l'acidité est causée par la saturation d'une partie de l'acide par le carbonate de chaux un simple calcul indique la quantité de chaux.

Soit 20 cc. d'acide demi-normal employé pour dissoudre le carbonate de chaux provenant de 100 cc. de jus ou de sirop, et 15 cc. la quantité de soude demi-normale nécessaire pour saturer les 20 cc. d'acide. La différence 20 — 15 = 5 cc. d'acide chlorhydrique a été saturée par la chaux de 100 cc. de jus. Or, 1 cc. d'acide demi-normal représente 0 gr. 014 de chaux ; donc dans 100 cc. de jus ou sirop, il y a 0 gr 014 × 5 = 0.70 de chaux, soit 0 gr. 70 par litre.

Autre méthode. — Cette méthode est une heureuse modification de la précédente. On prend 50 cc. du jus à analyser et on le verse dans un flacon marqué 100 cc. On ajoute quelques gouttes de tournesol ou de lacmoïde, et l'on verse goutte à goutte de l'acide chlorhydrique dilué jusqu'à neutralisation de l'alcalinité On ajoute ensuite 20 cc. d'une solution normale de carbonate de soude (53 gr. $NaCO^3$) ($NaOCO^2$) par litre, et on chauffe le liquide à l'ébullition pour précipiter toute la chaux. On laisse refroidir et on complète le volume de 100 cc. avec de l'eau distillée ; on agite et on filtre. On prend à l'aide d'une pipette graduée 50 cc. de liquide filtré (correspondant à 25 cc. de jus, et à 10 cc. de la liqueur de soude employée) que l'on met dans un verre à pied, et on verse dedans 10 cc. d'acide chlorhydrique normal. On chauffe à l'ébullition pour chasser l'acide carbonique. Bien que les volumes de liqueurs normales de carbonate de soude et d'acide chlorhydrique aient été employés à volumes égaux, le liquide ainsi traité est fortement acide, parce qu'une partie de la liqueur sodique a été neutralisée par les acides organiques des sels de chaux, en formant des sels sodiques neutres et du carbonate de chaux insoluble.

L'acidité restant dans la liqueur est précisément égale à la quantité de chaux totale contenue dans le jus et précipitée par le carbonate de soude. Il suffit donc de déterminer cette acidité par une liqueur de potasse déci-normale (4 gr. 7 de K^2O.... (KO) par litre). Le nombre de cc. de cette liqueur employé multiplié par 0.0028 donne la chaux par 25 cc. de jus ; si on le multiplie par 0.0112, on obtient la chaux pour 100 cc. de jus.

En retranchant de la chaux ainsi déterminée l'alcalinité du jus, la différence donne la chaux constituant *les sels de chaux.*

Détermination des sels de chaux.

Comme les sels de chaux sont un fléau pour la fabrication du sucre, il importe de les doser.

Les jus et sirops dont l'alcalinité est normale, ou qui sont neutres, et qui précipitent abondamment par l'oxalate d'ammoniaque contiennent des sels de chaux.

On peut les doser *rigoureusement* par la méthode précédente.

Pour les doser *approximativement*, on fait bouillir pendant une minute ou deux, dans une capsule de porcelaine, 100 cc. de jus ou de sirop, avec 10 cc. d'une solution titrée d'oxalate d'ammoniaque et environ 1 centigramme de poudre d'amidon ; on verse ensuite la solution bouillante dans une éprouvette à pied très étroite, graduée de 0 à 110 cc. Le précipité de carbonate de chaux se réunit rapide-

ment au fond de l'éprouvette et occupe une hauteur d'autant plus grande que les sels de chaux sont plus abondants. On juge de leur quantité par comparaison.

La meilleure méthode, et la *plus expéditive*, pour le dosage des sels de chaux, consiste a faire un essai hydrotimétrique des jus sur 10 cc. comme nous l'avons expliqué précédemment. Du chiffre obtenu on retranche l'alcalinité et la différence donne la chaux afférente aux *sels de chaux*.

Soit un sirop dont l'alcalinité est de 0 gr. 70 par litre.

Degré hydrotimétrique pour 100cc = 40°.

$40 \times 0.228 = 0.912$ chaux totale par litre.

Chaux à l'état de sels de chaux $0.912 - 0,700 = 0$ gr. 212 par litre.

Nota. — On suppose, dans ce cas, que toute l'alcalinité est due à la chaux, ce qui peut ne pas être, attendu que la potasse et la soude, soit à l'état d'alcalis, soit à l'état de carbonates, contribuent aussi à l'alcalinité. Mais les résultats sont comparables entre eux pour renseigner sur la marche du travail.

Quand les sirops contiennent beaucoup de sels de chaux, on ne peut pas opérer sur 10cc. parce qu'il faudrait employer trop de liqueur hydrotimétrique, et parce qu'il se forme des grumeaux qui, surnageant le liquide, empêchent de distinguer la fin de la réaction. On opère alors sur 2 ou sur 5cc et l'on multiplie les résultats, dans le premier cas par 5, et dans le second, par 2.

Jus chaulés des raperies.

On détermine le sucre et la chaux.

Sucre. — On introduit 50cc de jus dans une capsule de porcelaine, l'on ajoute quelques gouttes de phénolphtaléine, puis de l'acide acétique dilué jusqu'à neutralisation de la chaux, en ayant soin d'éviter un excès d'acide. On introduit le liquide dans un flacon de 100cc, on ajoute de l'eau et du sous-acétate de plomb jusqu'au trait de jauge, on filtre et on polarise. Les degrés observés sont multipliés par 2, à moins que l'on ne fasse l'observation dans un tube de 40 c. m. On trouve le sucre à l'aide de la table de polarisation, comme dans l'analyse du jus.

Chaux. — Pour doser la chaux, on opère sur 25cc de jus que l'on colore avec de la phénolphtaléine ou de l'acide rosolique neutre et l'on fait tomber dedans, avec une burette graduée, et jusqu'à décoloration, la liqueur alcalimétrique Le Docte. Chaque cc. de liqueur employée indique 0.1 de chaux par litre. Soit 55 cc. de liqueur alcalimétrique employée, le jus contient 5 gr. 50 de chaux par litre.

On peut n'opérer que sur 12cc de jus et multiplier les résultats par

2. Mais le mieux est d'employer une liqueur alcalimétrique *10 fois plus forte*, que nous appellerons *liqueur calcimétrique* Le Docte, dont chaque c c. dans 25cc. de jus indique 1 gr. de chaux par litre.

A l'aide de cette liqueur on contrôle très rapidement si les jus des raperies et les jus de l'usine centrale ont reçu, avant carbonatation, la quantité de chaux voulue.

On peut encore employer une *liqueur calcimétrique* à 175 gr. H^2SO^4 par litre, et on opère sur 100cc de jus. Chaque c. c. de liqueur calcimétrique employé = 1 gr. de CaO.

Lait de chaux.

Dans la pratique, on examine le degré Baumé du lait de chaux, et la table donne la quantité correspondante de chaux par hectolitre.

Dosage exact de la chaux dans le lait de chaux. — On broie dans un mortier 25cc de lait de chaux avec une solution sucrée pure à 40 °/₀ de sucre. La chaux vive se dissout parfaitement; on introduit ce liquide dans un ballon jaugé de 100cc., on complète le volume à 100cc. avec de l'eau sucrée, on agite et on filtre, ou on laisse déposer. On prélève 10cc de liquide clair (correspondant à 2 cc. de lait de chaux) que l'on verse dans un verre à pied, avec quelques gouttes de phénolphtaléine, de lacmoïde, ou d'acide rosolique neutralisé, et l'on titre avec la liqueur *calcimétrique* Le Docte. Chaque c. c. de cette liqueur employée représente 10 gr. de chaux vive par litre. Pour 23 cc de liqueur calcimétrique employés, le lait de chaux contient 230 gr. de CaO par litre, ou 23 kil. par hectolitre.

2° On peut aussi employer la liqueur calcimètrique à 175 gr. H^2SO^4 par litre. On opère alors sur 10cc. de lait de chaux dissous dans environ 100cc d'eau sucrée. Chaque cc. de liqueur sulfurique employé = 1 k. de Ca O par hectolitre. Pour cela on dissous 20cc. de lait de chaux dans de l'eau sucrée pour faire 200cc, on filtre ou en décante et on fait le titrage sur 100cc. correspondant à 10cc. de lait de chaux.

3° On peut également dissoudre 10cc. de lait de chaux dans 150cc. d'eau sucrée à 20 0/0. On fait 200cc. et on agite à plusieurs reprises on filtre ou on décante. On titre sur 20cc. avec la liqueur à 17 gr. 50 H^2SO^4 par litre. Chaque cc. de liqueur sulfurique employée = 1k. de Ca O par hectolitre de lait de chaux.

4° Les méthodes que nous venons d'indiquer font connaître la chaux totale du lait de chaux. Mais très souvent il arrive qu'une bonne partie de la chaux employée au chaulage des jus est difficilement soluble dans le sucrate de chaux, ce qui est une cause de carbonatation lente. Voici comment on peut déterminer séparément la chaux

rapidement soluble et la chaux lentement soluble. Après avoir fait un nouveau titrage comme nous venons de l'indiquer, on en fait un second, mais sans broyer le lait de chaux dans le mortier. On se contente de l'agiter rapidement avec l'eau sucrée, puis on filtre. Sur une partie aliquote de la liqueur filtrée, on dose la chaux, on obtient ainsi la chaux rapidement soluble. La différence entre ce dosage et le précédent donne la chaux lentement soluble.

Le lait de chaux sera d'autant meilleur qu'il renfermera plus de chaux rapidement soluble.

5° On peut avoir à doser les *incuits* dans le lait de chaux. Voici comment on peut procéder.

On broie dans nn mortier 10cc. de lait de chaux avec 100cc. environ d'eau sucrée dans un vase de Bohême avec la liqueur sulfurique à 175 gr. H^2SO^4 par litre, et la teinture d'acide rosolique comme indicateur; chaque cc. de liqueur titrée employé indique 1 k. de Ca O par hectolitre de lait de chaux.

On porte ensuite le liquide à l'ébullition; la coloration rouge reparait, on achève le titrage avec la liqueur sulfurique à 17 gr. 50 H^2SO^4 par litre. Chaque cc. de liqueur titrée employée pour faire virer la teinte au jaune indique 1 gr. de *chaux incuite* par litre de lait de chaux, ou 1 gr. 78 de carbonate de chaux. Si par exemple on a trouvé par le premier tirage 17 k. de chaux par hectolitre et dans le second 1 k. 500, le lait de chaux contient 8.1 0/0 de chaux incuite, ou 10.5 d'*incuits* pour 100 de chaux alcaline.

Eaux de dégraissage des filtres.

On détermine le sucre exactement comme pour les petites eaux de vidange des diffuseurs.

Densité. — Le contrôle pratique et journalier du dégraissage des filtres à noir se fait d'ordinaire à l'aide de l'aréomètre Baumé.

Nous conseillons de remplacer ces aréomètres presque toujours faux et d'ailleurs peu sensibles par les aréomètres spéciaux de Vivien, ou de Gallois et Dupont. L'aréomètre Gallois et Dupont allant de 0 à 7° Baumé porte deux graduations, l'une pour la température de + 15°c. et l'autre pour la température de 85°c. qui est celle à laquelle les jus et eaux de dégraissage sortent des filtres. En règle générale on doit arrêter le lavage des filtres quand les eaux de dégraissage marquent 1° Baumé à la température de 15°c.

Pour calculer la perte en sucre dans les eaux de dégraissage on admet que la quantité de ces eaux imprégnant le noir dans le filtre est égale à la moitié du volume du noir et que ce noir retient 0 k. 600 de sucre pour 100 kil.

Soit une usine faisant par jour 4 filtres de 20 hectolitres chacun. Au moment où l'on arrête le lavage d'un filtre celui-ci contient 10 hectolitres d'eau dont la teneur moyenne en sucre sera supposé de 0 k. 600.

Le poids de noir revivifié employé en sucrerie peut-être fixé à 90 kil. l'hectolitre. Nous avons donc pour la perte en sucre par 24 heures dans les 4 filtres :

1° Perte dans $4 \times 10 = 40$ hectolitres d'eau $= 0.600 \times 40 =$ 24 k.
2° Perte dans $4 \times 20 \times 90 = 7200$ k. de noir à raison de
0 kil. 600 de sucre pour $100 = 7.200 \times 0.60 =$. 43 200

Tolal. . . . . 67 k. 200

Si l'on a travaillé 150.000 kil. de betteraves dans la journée, la perte en sucre par la filtration sur le noir

sera donc de $\frac{67.200 \times 100}{150.000} = 0$ k. 044 pour 100 de betteraves.

Écume de filtres-presses.

Préparation de l'échantillon. — Pour le contrôle de l'épuisement des écumes on prélève ou l'on fait prélever plusieurs fois dans la journée, des morceaux de tourteau d'écumes que l'on réunit dans un récipient.

Les bords du tourteau étant en général toujours moins bien épuisés que le centre, il faut avoir soin, lors du prélèvement des échantillons, de varier les prises d'essai. Avant de procéder à l'analyse on broie toutes les écumes réunies de manière à en faire une masse bien homogène. C'est sur cette masse que l'on prélève l'échantillon destiné à être soumis à l'analyse.

Voici les méthodes d'analyses que nous recommandons.

Première méthode. — On dose l'eau et le sucre.

Eau. — L'humidité se détermine sur 5 ou 10 gr. de matière que l'on porte dans l'étuve chauffée à 100 — 110°. La perte de poids représente l'eau. Les écumes contiennent ordinairement 40 à 45 0/0 d'eau.

Sucre. — On pèse dans un vase à saturation conique, taré d'avance 100 gr. d'écumes sur lesquelles on verse 200 gr. d'eau. On porte à l'ébullition au bain de sable et l'on fait passer un courant d'acide carbonique pour décomposer les sucrates. On laisse refroidir, on ajoute l'eau évaporée; après mélange intime on filtre. On polarise le liquide filtré après l'avoir décoloré par le sous-acétate de plomb, s'il y a lieu.

Soit 2°7 la lecture du polarimètre dans un tube de 50 c. = 0 gr. 437 de sucre pour 100cc.

Or nous avons pour les 100 gr. d'écumes que nous avons prises :

40cc. d'eau imprégnant les écumes.	40cc.
200cc. — ajoutée.	200
Total.	240cc.

$$\text{Donc sucre 0/0 gr. d'écumes} = \frac{0.437 \times 240}{100} = 1.048$$

2° *Procédé Sidersky.* — On pèse 15 gr. 7 (pour l'appareil Laurent) de l'échantillon moyen de l'écume, que l'on introduit dans une capsule de porcelaine avec un peu d'eau. On triture la masse pour la réduire en bouillie épaisse. On la colore avec quelques gouttes de phénol-phaléïne et l'on ajoute de l'acide acétique goutte à goutte, jusqu'à décoloration en ayant soin de bien agiter, afin de décomposer le sucrate de chaux, sans attaquer le carbonate qui reste insoluble dans le liquide. On clarifie avec quelques gouttes de sous-acétate de plomb, on complète avec de l'eau jusqu'au trait de 100 cent. cubes, on agite et on filtre. On examine au saccharimètre le liquide filtré, qui est bien limpide et décoloré ; les degrés polarimétriques observés présentent le tant pour cent de sucre sans calcul.

Pour les saccharimètres allemands, dont la prise d'essai est 26 gr. 048, on pèse 25 gr. pour obtenir les résultats directement et sans calcul.

Les poids proposés : 15 gr. 7 au lieu de 16.20 pour le saccharimètre Laurent et 25 gr. au lieu de 26.048 pour l'appareil Venzke tiennent compte du volume occupé par le carbonate de chaux insoluble. — L'auteur a admis pour ce calcul, que les écumes de filtre-presse contiennent en moyenne 50 0/0 de carbonate de chaux, dont le poids spécifique est 2.9.

Lors même que la teneur des écumes en carbonate de chaux varierait de 10 pour 100, l'erreur de dosage dans la teneur en sucre n'excéderait pas 0,05 pour 100.

3° *Procédé Ost.* — On prend 16 gr. 20 d'écumes à analyser qu'on place dans un mortier. On broie avec de l'eau additionnée de 7 à 8 gr. d'azotate d'ammoniaque, ce qui produit un froid favorable à la dissolution du sucrate insoluble. Après le délayage on ajoute 3 à 4 cent. cube de sous-acétate de plomb et on complète le volume de 100 cent. cube avec de l'eau. Le liquide est agité, filtré et polarisé. On multiplie les degrés lus par 0.916 pour tenir compte du volume occupé par la partie insoluble. On pourrait aussi, pour n'avoir pas à faire cette correction, poser directement 15 gr. 7 d'écumes, au lieu de 16 gr. 20.

Composition d'écumes de sucrerie.

	Pagnoul.	Dupont.	Dupont.	Dupont.
Eau	40.23	41.90	42.60	40.10
Carbonate de chaux	38.69	39.51	42.70	41.20
Chaux libre	2.25	1.25	0.80	1.10
Phosphaté de chaux.	1.40	1.37	1.30	1.27
Sulfate de chaux.	0.34	0.30	0.20	0.27
Potasse	0.02	0.03	0.05	0.04
Sucre	2.84	3.40	0.51	0.72
Azote	0.36	0.33	0.30	0.33
Autres matières organiques. . . .	7.74	8.10	5.20	6.09
Résidu siliceux	6.06	3.81	6.34	8.88
Substances diverses.	0.07			
Total.	100.00	100.00	100.00	100.00

Rendements divers et nature du travail.

Ainsi que nous avons déjà eu l'occasion de le dire, la qualité de travail s'est beaucoup améliorée dans nos usines depuis la loi de 1884, et les rendements ont suivi une marche constamment ascendante.

Nous nous sommes procuré des tableaux de contrôle et de rendements pour une vingtaine de sucreries de moyenne et de grande importance, répandues un peu dans tous les départements sucriers, et dans lesquelles la fabrication est conduite rationnellement, scientifiquement, et non d'une façon empirique. Nous pensons qu'ils intéresseront nos lecteurs.

Moyenne du travail dans 20 usines françaises en 1887-1888.

Betteraves.

Densité du jus de la betterave en cours de fabrication.	6°5	à	7°45
Sucre °/₀ de betteraves (analyse indirecte).	12		14.20
Degré de pureté du jus.	82		84

Jus de diffusion.

Jus extrait de 100 k. de betteraves (litres)	115	175
Densité moyenne	4°2	5°4
Degré de pureté. (Dans la moitié des usines le degré de pureté a été trouvé plus élevé que dans la betterave ; dans l'autre moitié, il a été trouvé moins élevé)	79	85 40

Masse cuite 1er jet.

Masse cuite 1er jet °/o kil. de betteraves. Volume (litres)	8 66	10 66
Masse cuite 1er jet °/o kil. de betteraves. Poids	13k	16k
Sucre °/o	81	86
Coefficient salin	20	32
Pureté	85	91
Alcalinité libre	0,05	0,25
Chaux totale	0.03	0,13

Masse cuite 2e jet.

Masse cuite 2e jet °/o kil. de betteraves. Volume (litres)	4,39	5,40
Masse cuite 2e jet °/o de betteraves. Poids	6k50	8k
Sucre °/o	68	72
Coefficient salin	8,60	11
Pureté	72	79
Alcalinité	0,11	0,47
Chaux totale	0,05	0,25

Sucre 1er jet °/o de betteraves (sucre blanc)	6,10	8,40
Sucre total °/o de betteraves exprimé en brut	10	12,60
Teneur des cossettes en sucre	0,10	0,30
Teneur des écumes épuisées en sucre	0,45	1,70
Pertes inconnues	0,60	1,20

Le tableau qui précède résume tous ces renseignements. Nous n'avons reproduit que les rendements ou les chiffres *minima* et *maxima*.

Bien que nos renseignements ne se rapportent qu'à des usines travaillant parfaitement bien, on voit que les chiffres offrent parfois entre eux, d'une usine à l'autre, d'assez grandes différences.

Ce tableau nous suggère les réflexions suivantes :

1° *Densités.* — Les 20 sucreries dont nous parlons n'ont pas travaillé de betteraves inférieures à 6°5 de densité. Étant donné le relèvement

progressif du taux de la prise en charge, et la diminution de l'importance de la prime par suite de l'adoption de la loi Peytral, le fabricant ne pourra plus accepter de betteraves dont la densité soit inférieure à 6°5.

On tend visiblement à extraire de la diffusion des jus denses, ainsi que nous l'avons recommandé. Néanmoins quelques usines persistent encore à retirer 175 litres de jus de 100 kil. de betteraves, alors qu'elles ne devraient pas dépasser 115 à 120 litres.

2° *Degrés de pureté.* — Il résulte des renseignements qui nous ont été communiqués que la diffusion n'augmente pas sensiblement la pureté des jus de betteraves, contrairement à l'opinion généralement admise. Toutefois nous devrons ajouter que ce renseignement n'a pas grande valeur parce qu'il s'appuie sur la densité qui est, la plupart du temps, mal déterminée, surtout quand il s'agit des jus bruts contenant toujours plus ou moins d'air emprisonné, ou bien plus ou moins souillés de matières en suspension.

La pureté des masses cuites 1er jet est environ de 5 0/0 supérieure à celle du jus de diffusion. 88 au lieu de 83 en moyenne.

La pureté des masses cuites de 2e jet est d'environ 13 0/0 inférieure à celle des masses cuites 1er jet. 75 au lieu de 88.

3° *Coefficient salin.* — Le coefficient salin du jus de diffusion varie entre 19 et 25, celui de la masse cuite 1er jet, entre 50 et 32. La carbonatation et la filtration relèvent ce coefficient de 1 à 5 degrés environ. Il est à remarquer que le relèvement est plus considérable pour les betteraves riches que pour les autres.

4° *Pertes inconnues.* — On remarque que les pertes inconnues sont considérables. Nous pensons qu'il y a là une anomalie attribuable à ce fait que la teneur saccharine des betteraves calculée indirectement d'après l'analyse du jus, ne repose sur rien de sérieux.

Aussi, pour notre compte, condamnons-nous impitoyablement le procédé consistant à déterminer de cette façon le sucre entré en fabrication. Il n'y a que le dosage direct du sucre dans la betterave qui puisse servir d'élément certain pour apprécier les pertes inconnues.

Résultat par semaine de la Fabrication 1889-90 (Moyenne de 10 sucreries)

	Septembre		Octobre				Novembre			
	22	29	6	13	20	27	3	10	17	24
Pertes — Diffusion	»	»	0.205	0.200	0.200	0.202	0.196	0.200	0.213	0.207
Pertes — Ecumes	»	»	0.180	0.187	0.180	0.183	0.181	0.178	0.181	0.170
Pertes — Diverses	»	»	1.080	0.660	0.637	0.778	0.895	0.670	0.452	0.572
Pertes totales	»	»	1.465	1.047	1.017	1.163	1.272	1.048	0.846	0.953
Sucre dans masses cuites 2e jet	»	»	4.460	4.410	4.560	4.270	4.250	4.199	4.300	4.311
Total : Sucre non extrait	»	»	5.925	5.457	5.577	5.433	5.522	5.247	5.146	5.264
Sucre 1er jet, blanc, extrait	»	»	8.376	8.355	8.578	8.537	8.441	8.325	8.246	7.930
Richesse de la betterave travaillée	»	»	14.301	13.812	14.155	13.970	13.963	13.572	13.392	13.194
Déchet au pesage	»	»	0.490	0.370	0.300	0.330	0.480	0.425	0.467	0.560
Richesse saccharine de la betterave	»	»	14.791	14.182	14.455	14.300	14.443	13.997	13.859	13.754
Densité du jus de betterave	»	»	7.177	7.206	7.261	7.240	7.223	7.104	7.021	6.928

Résultats d'une Sucrerie Allemande

	22	29	6	13	20	27	3	10	17	24
Pertes — Diffusion	0.31	0.39	0.27	0.34	0.25	0.25	0.29	0.34	0.21	0.36
Pertes — Ecumes	0.44	0.19	0.25	0.30	0.30	0.30	0.30	0.35	0.28	0.30
Pertes — Diverses	0.85	0.89	0.55	0.94	0.93	0.60	0.58	0.73	0.23	0.43
Totaux	1.60	1.47	1.07	1.58	1.48	1.15	1.17	1.42	0.72	1.09
Sucre dans masses cuites 2e jet	2.61	2.71	2.37	2.37	2.30	2.12	2.23	2.29	2.09	1.80
Sucre extrait	12.09	12.22	11.84	11.25	10.65	10.53	10.32	10.20	10.43	10.21
Richesse saccharine de la betterave	16.30	16.40	15.28	15.20	14.43	13.80	13.72	13.91	13.22	13.10

Résultat par semaine de la Fabrication 1889-90 (Moyenne de 10 sucreries)

	Décembre					Janvier		
	1	8	15	22	29	5	12	19
Pertes — Diffusion	0.207	0.219	0.220	0.218	0.220	0.178	0.220	0.220
Pertes — Ecumes	0.174	0.182	0.176	0.179	0.180	0.169	0.200	0.210
Pertes — Diverses	0.480	0.654	0.715	0.423	0.477	0.517	0.712	0.414
Pertes totales	0.861	1.055	1.111	0.820	0.877	0.864	1.132	0.844
Sucre dans masses cuites 2e jet	4.199	4.207	3.967	4.555	4.163	4.440	4.163	4.253
Total : Sucre non extrait	5.060	5.262	5.078	5.375	5.040	5.304	5.295	5.097
Sucre 1er jet, blanc extrait	8.005	7.785	7.662	7.620	7.340	7.286	7.051	6.753
Richesse de la betterave travaillée	13.065	13.047	12.740	12.995	12.380	12.590	12.346	11.850
Déchet au pesage	0.530	0.500	0.410	0.490	0.420	0.410	0.320	0.400
Richesse saccharine de la betterave	13.595	13.547	13.150	13.485	12.800	13.000	12.666	12.250
Densité du jus de betteraves	6.922	6.655	6.835	6.800	6.724	6.820	»	»

Résultats d'une Sucrerie Allemande

	1	8	15	22	29	5	12	19
Pertes — Diffusion	0.42	0.21	0.34	0.42	0.28	0.35	0.35	»
Pertes — Ecumes	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	»
Pertes — Diverses	0.23	0.22	0.45	0.37	0.82	0.21	0.21	»
Totaux	0.95	0.73	1.09	1.09	1.40	0.86	0.86	»
Sucre dans masses cuites 2e jet	1.94	2.07	1.81	2.09	1.89	2.03	2.03	»
Sucre extrait	10.26	10.05	9.78	9.44	9.19	9.33	9.33	»
Richesse saccharine de la betterave	13.15	12.85	12.68	12.62	12.48	12.22	12.22	»

ésultats par mois de la Fabrication 1889-90 (10 Sucreries). || Résultats d'une Fabrication de 2, 3, 4 mois.

	Sept. 15-30	Octob.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév. le 16.	2 mois oct-nov	3 mois oct-déc	4 mois oc-janv	4 m. 1/2 oct-16 fév
Pertes { Diffusion.........	»	0.200	0.206	0.219	0.206	0.230	0.203	0.208	0.208	0.210
Pertes { Ecumes..........	»	0.182	0.176	0.180	0.193	0.205	0.179	0.179	0.183	0.185
Pertes { Diverses.........	»	0.808	0.545	0.517	0.548	0.790	0.677	0.633	0.612	0.632
Totaux.........	»	1.190	0.927	0.946	0.917	1.225	1.059	1.020	1.003	1.027
Sucre dans m. c. 2e jet.....	»	4.390	4.250	4.220	4.280	4.000	4.320	4.287	4.285	4.253
Totaux.........	»	5.580	5.177	5.166	5.227	5.225	5.379	5.307	5.288	5.280
Sucre extrait 1er jet blanc.	»	8.450	8.126	7.600	6.830	5.880	8.288	8.059	7.751	7.543
Richesse sacch. bett. trav.	»	14.030	13.303	12.766	12.057	11.105	13.667	13.366	13.039	12.823
Déchet au pesage régie....	»	0.394	0.495	0.455	0.380	0.500	0.444	0.448	0.431	0.438
Richesse sacch. de la bett.	»	14.424	13.798	13.221	12.437	11.605	14.111	13.814	13.470	13.261
Densité des jus de bett....	»	7.22	6.99	6.75	6.42	6.09	7.11	6.99	6.84	6.76

Résultats d'une Sucrerie allemande.

					14 jours		2 m. 1/2	3 m. 1/2	4 mois.	
Pertes { Diffusion.........	0.35	0.28	0.33	0.32	0.35	»	0.31	0.32	0.32	»
Pertes { Ecumes..........	0.31	0.29	0.41	0.30	0.30	»	0.34	0.34	0.33	»
Pertes { Diverses.........	0.89	0.72	0.54	0.46	0.21	»	0.68	0.62	0.57	»
Totaux..........	1.55	1.29	1.28	1.08	0.86	»	1.33	1.28	1.22	»
Sucre dans m. c. 2e jet....	2.66	2.28	2.03	1.96	2.03	»	2.26	2.17	2.16	»
Sucre extrait............	12.15	10.92	10.25	9.61	9.33	»	10.90	10.53	10.38	»
Richesse sacch. de la bett.	16.36	14.49	13.56	12.65	12.22	»	14.49	13.92	13.76	»

CHAPITRE VII

Dosage du sucre cristallisable, du sucre interverti et du glucose par les liqueurs cuivriques.

On se sert généralement de la *liqueur de Fehling* dont 100 cc. correspondent à 0 gr. 05 de glucose, quand il s'agit de doser directement le sucre interverti ou le glucose préexistant dans la solution.

On se sert au contraire de la *liqueur de Viollette.* dont 10 cc. correspondent à 0 gr. 05 de saccharose ou à 0 gr. 0526 de sucre interverti ou de glucose, lorsqu'il s'agit de doser la *saccharose* ou sucre cristallisable après l'avoir préalablement transformé en sucre interverti par l'ébullition en présence d'un acide.

La *liqueur de Fehling* se prépare de la manière suivante :

On dissout 34 gr. 64 de sulfate de cuivre pur dans 140 cc. d'eau distillée.

On dissout d'autre part, au bain marie, 187 gr. de sel de Seignette dans 500 cc. lessive de soude caustique à 24° B., ou dans 600 cc de même lessive à 22° B.

On verse petit à petit la première solution dans la deuxième pendant quelle est chaude, en agitant de temps à autre pour dissoudre le précipité qui se forme, après refroidissement on complète la liqueur de 1 litre.

Cette liqueur faite avec des produits purs se conserve assez bien; mais si les produits ne sont pas purs, elle est d'une conservation difficile.

On a proposé de la préparer en deux liqueurs différentes dont on mélange des volumes égaux au moment de s'en servir. On fait donc une première solution aqueuse de 34 gr. 64 de sulfate de cuivre, et une deuxième solution de 187 gr. de sel de Seignette (tartrate double de soude et de potasse) et de 123 gr. de potasse caustique par litre.

Si le sulfate de cuivre employé est bien pur et ne contient que 5 équivalents d'eau, suivant la formule $SO^4Cu + 5H^2O$ ($CuOSO^3 + 5HO$), 10 cc. de liqueur de Fehling ainsi préparée correspondent à 0 gr. 05 de sucre inverti ou de glucose, et à 0,04753 de saccharose.

Mais comme on n'est jamais sûr de la composition du sulfate de cuivre employé, on doit déterminer le titre de la liqueur, comme nous l'indiquons pour la liqueur Violette.

La *Liqueur de Violette* se prépare de la manière suivante :

On fait une première solution composée de : 36 gr. 46 sulfate de

cuivre, pur, désséché à l'air; 140 gr. eau distillée. Puis une seconde solution renfermant : 200 gr. sel de Seignette pur; 500 gr. lessive de soude caustique à 24° B ou 600cc. lessive de soude caustique à 22° B et l'on opère comme ci-dessus.

On conserve ces liqueurs dans des flacons de verre bleu, à l'abri de la lumière.

Quand on fait usage constant de la liqueur cupropotassique, il est bon de la mettre, pour s'en servir, dans un flacon-burette Gallois et Dupont (fig 29, 30 et 31).

Emploi de la liqueur cuivrique.

S'il s'agit de doser des sucres réducteurs, on emploie directement la liqueur de Fehling comme il sera expliqué plus loin.

S'il s'agit de doser le sucre cristallisable, il faut préalablement l'intervertir.

L'inversion du sucre[1] s'obtient en plaçant la matière sucrée dans des fioles avec de l'eau contenant 1 à 2 pour 100 d'acide sulfurique pur et en chauffant le liquide au bain-marie pendant 12 à 15 minutes à une température voisine de 100°, et en empêchant que la flamme touche les parois du vase. On maintient la température voisine de 100° pendant 12 à 15 minutes.

La réaction du sucre interverti sur la liqueur cuivrique est produite dans des tubes en verre blanc, à parois bien nettes, ayant de 20 à 22 millimètres de diamètre sur une longueur de 22 à 24 centimètres. La sensibilité du procédé dépend en grande partie de l'emploi de ces tubes au lieu de ballons ou de capsules dont on se sert habituellement et dont l'usage doit être absolument proscrit,

A l'aide d'une pipette jaugée, portant deux traits circulaires au-dessus et au-dessous du réservoir, on introduit dans un de ces tubes 10cc. de liqueur cuivrique, puis environ 5cc. d'eau si le liquide à analyser est très riche, en outre quelques fragments de pierre ponce, calcinés et lavés, et l'on chauffe le tube en le tenant légèrement incliné.

La pierre ponce est destinée à rendre l'ébullition régulière et à empêcher toute projection d'un liquide bouillant et alcalin pouvant occasionner des brûlures dangereuses. Les fragments de ponce, de la grosseur d'une très petite lentille, ont dû être lavés à l'acide et à l'eau après leur calcination et fortement agités dans le liquide jus-

(1) Nous résumons ici et reproduisons en partie quelques passages de l'ouvrage de M. Viollette.

qu'à ce qu'ils n'abandonnent plus aucune poussière, car il est très important de ne pas troubler la transparence du liquide cuivrique par des corps étrangers tenus en suspension.

Lorsque la liqueur cuivrique est en pleine ébullition, on retire du feu, à l'aide d'une pince en bois, le tube dans lequel on verse peu à peu un ou deux centimètres cubes de la liqueur sucrée contenue dans une burette divisée en centimètres cubes et en dixièmes de centimètre cube. L'extrémité du tube de la burette par où se fait l'écoulement a été enduite d'une légère couche de paraffine ou de suif, afin de rendre les gouttes plus régulières et d'empêcher que le liquide ne coule en dehors le long des parois. On voit bientôt se former à la surface du liquide un précipité jaunâtre d'oxide cuivreux hydraté quelquefois verdâtre, qui ne tarde pas, si l'ébullition continue, à devenir d'un beau rouge et à se déposer au fond du tube, si ce dernier est retiré du feu.

Il s'est opéré une véritable combustion au sein de la liqueur; l'oxyde cuivrique Cu^2O^2, soluble à la faveur de l'acide tartrique et de l'alcali, s'est réduit en perdant de l'oxygène à l'état d'oxyde cuivreux Cu^2O insoluble, aux dépens de l'élément combustible glucose ou sucre interverti que l'on a introduit. La couleur de l'oxyde cuivreux Cu^2O, qui est d'un beau rouge, explique toutes les réaction. En effet, le précipité qui, dans toutes les phases de l'opération, est toujours d'un beau rouge, pourvu qu'il ait été soumis quelques temps à l'ébullition, paraît violet d'abord parce qu'il est vu à travers une liqueur bleue; mais à mesure que l'on verse la liqueur sucrée, il paraît de plus en plus rouge, parce que la liqueur cuivrique devient de moins en moins bleue. Lorsqu'après avoir versé une quantité convenable de liquide sucré tout l'oxyde cuivrique a disparu, le précipité d'oxyde apparaît avec sa couleur naturelle qui est d'un beau rouge clair et en même temps la liqueur qui surnage le précipité est tout à fait incolore.

Si l'on continue à verser du liquide sucré par petites portions et si l'on fait bouillir la liqueur après chaque addition, le précipité paraît toujours d'un beau rouge; mais ce rouge va sans cesse en tirant sur le jaune, puis sur le jaune brun. En même temps la liqueur claire qui surnage le précipité, quand on retire le tube du feu pendant quelques instants, prend successivement les teintes suivantes : jaune paille — jaune ambré — jaune brun — brun foncé. Cela tient à ce que l'alcali libre qui se trouve en grand excès dans la liqueur cuivrique employée agit sur le glucose et le levulose du sucre interverti en les transformant en ces produits bruns mal définis dont il a été question plus haut.

Il est bon de remarquer aussi que la mousse qui se forme pendant l'ébullition à la surface du liquide présente les mêmes teintes que lui-

Elle est d'abord bleuâtre, puis incolore quand l'opération touche à sa fin, puis jaune et jaune brun quand le terme de la précipitation est dépassé. En même temps, dans ce dernier cas, le liquide prend une odeur de caramel ou de sucre brûlé. C'est là un excellent caractère et qu'il importe de ne pas négliger, car il permet de conduire rapidement les essais.

Les considérations qui précèdent établissent que dans la réaction du sucre interverti sur la liqueur cuivrique il est de toute nécessité de saisir exactement le moment où la précipitation de l'oxyde cuivreux est complète et c'est là le point délicat de la méthode. Le tableau suivant résume les différentes phases de l'opération.

Phases de l'opération.	CARACTÈRES FONDAMENTAUX		CARACTÈRES SECONDAIRES	
	Précipitation à la surface du liquide chaud et clair.	Coloration à la surface du liquide chaud et clair.	Couleur de la masse en pleine ébullition.	Couleur du liquide qui surnage le dépôt.
Commencement.	Précipité, jaune puis orangé, puis rouge.	Mêmes nnances que celles du liquide entier, comme il est dit à la cinquième colonne.	Bleu foncé, violet.	Bleu foncé.
Vers le milieu	Précipité rouge-orange.		Violet rougeâtre.	Bleu clair.
Vers la fin	Précipité rouge très sensible.		Rouge brique.	Bleu t.-clair
Id.	Id. Id. Id.		Rouge franc	Bleu t.-pâle
Id.	Nuage léger.		Rouge vif.	Bleu à peine sensible.
Fin	Dernier nuage à peine sensible		Beau rouge clair.	Incolore.
Au-delà de la fin.	Absence de précipité.	Zone transparente ambrée	Id.	Jaune paille
Id.	Id.	Zone couleur plus foncée.	Id.	Ambrée.
Id.	Id.	Zone couleur de gomme gutte	Rouge cl. un peu jaune	Plus foncée
Id.	Id,	Zone jaun. fonc brun.	Rouge un peu brun.	Jaune de gutte.

La mousse du liquide en ébullition d'abord bleuâtre, devient incolore à la fin de l'opération, puis jaune et jaune brun quand la précipitation est dépassée. Alors le liquide exhale une odeur de sucre brûlé.

On arrivera d'une manière facile et sûre à reconnaître la fin de l'expérience en examinant les caractères que présente la liqueur un peu avant ce terme et un peu après. Ces caractères sont de deux sortes. Les uns tirés de la couleur de la masse en pleine ébullition, de la coloration de la mousse et de la nuance du liquide clair qui surnage le dépôt formé dans la liqueur par le repos, ne sont que secondaires : à eux seuls en effet ils ne suffisent pas pour apprécier le terme de l'opération ; on doit cependant en tenir grand compte car ils en indiquent la marche. Les autres caractères tirés de la précipitation et de la coloration à la surface du liquide chaud et clair sont fondamentaux car seuls ils peuvent préciser le terme de l'analyse. Leur importance rend nécessaire d'entrer dans quelques détails qui les feront mieux apprécier.

Un peu avant la fin de l'opération, il est possible que la liqueur contienne encore des traces de cuivre bien qu'elle semble incolore, soit parceque la teinte bleue très faible qu'elle possède se trouve délayée dans toute la masse, soit parceque quelque couleur complémentaire vient la masquer. Ce dernier cas peut se présenter quand on opère avec des liqueurs qui contiennent des principes autres que le sucre. Mais pour peu qu'il y ait encore du cuivre, quelques gouttes du liquide sucré ajoutées à la surface de la liqueur chaude et claire contenue dans le tube occasionneront un précipité nuageux opaque qui par l'agitation, se répandra dans la masse en en troublant la transparence.

Toutefois il faut bien se garder de prendre pour un précipité un effet de réfraction dû à la différence de nature des deux liquides superposés à la surface quand on a ajouté quelques gouttes du liquide sucré. On voit par là combien il est important qu'il n'y ait pas de corps étrangers en suspension dans les liqueurs. C'est pour cette raison que je prescris de laver la pierre ponce avec les plus grands soins, car la poussière qui s'en échapperait pourrait, en se répandant dans la liqueur, augmenter encore l'illusion.

Aussi, pour éviter toute incertitude, il convient, après que tout précipité nuageux a cessé de se produire, de continuer à verser le liquide sucré par petites fractions de quelques gouttes et de faire bouillir à chaque fois la masse contenue dans le tube. S'il n'y a plus d'oxyde cuivrique dans la liqueur, l'alcali qu'elle renferme en excès agira sur le glucose ou le sucre interverti, en formant des composés colorés en brun qui communiqueront au liquide une teinte jaune paille d'abord, puis en continuant, une teinte jaune ambrée, puis jaune de gomme gutte, puis jaune de plus en plus foncé. Cette teinte jaune se distingue très nettement en regardant le tube légèrement incliné au-dessus d'un papier blanc de telle sorte que le rayon visuel

passe par les bords de la section elliptique faite par la surface liquide.

Ces deux séries d'opérations permettent de comprendre le terme de l'analyse entre deux limites, l'une correspondante à la formation du précipité nuageux à la surface, l'autre à la production d'une nuance jaune clair à la partie supérieure, qui, se répandant dans la masse la déolore également sans altérer sa transparence. La lecture des divisions de la burette graduée correspondant à ces deux limites permettra d'arriver à un dosage qui ne le cédera en rien à aucun autre, fait par des méthodes différentes.

La moyenne des deux lectures fournira le nombre exact de divisions correspondant au terme de l'analyse.

Dans aucun cas il ne faut juger des nuances en interposant le tube entre l'œil et la lumière du jour; il faut se placer dans un endroit bien éclairé en face de murs blancs autant que possible. On évit. ainsi des colorations étrangères dues à des effets de réfraction Souvent on distigue mieux le précipité formé à la surface, en regardant à faux le tube placé un peu de côté et au-dessous de l'œil. Du reste, après quelques tatonnements, chaque observateur ne manquera pas de trouver les conditions qui lui sont les plus favorables.

L'opération étant terminée, on lave le tube à l'eau d'abord en le tenant avec la pince en bois, puis à l'acide chlorhydrique faible qui dissout facilement la portion de précipité rouge d'oxyde cuivreux adhérente aux parois dans la partie où le liquide a bouilli. On rince ensuite le tube à grande eau intérieurement et extérieurement, puis enfin à l'eau distillée, car il importe de conserver une grande transparence à ses parois.

Quand on a plusieurs essais à faire, il convient, après avoir décanté le liquide sucré de la burette, de rincer cette dernière avec la liqueur sucrée que l'on va essayer, plutôt qu'avec de l'eau ; on évite ainsi de laver et de sécher la burette après chaque dosage.

Vérification de la liqueur cuivrique de Viollette.

On dessèche à la température de 100 degrés du sucre candi pur parfaitement blanc, et réduit en poudre dans un mortier en porcelaine. A l'aide d'une balance sensible on pèse 5 gr. de cette poudre que l'on introduit dans une fiole à fond plat jaugée à 100 cc. On ajouté environ 800 cc. d'eau distillée, 10 gr. d'acide sulfurique pur et concentré et l'on porte la liqueur à l'ébullition à feu nu, pendant 15 à 20 minutes, ou mieux on chauffe au bain-marie à la température de 100 degrés pendant environ une demi-heure. On retire alors la fiole du feu, on la laisse refroidir à l'air ou au besoin dans l'eau et lors-

que sa température est descendue à 15 degrés, on complète par addition d'eau distillée le volume 200 cc., en ayant soin que le plan horizontal du cercle tracé sur le col de la fiole vienne affleurer tangentiellement la partie inférieure du ménisque du liquide. En plaçant la paume de la main sur l'ouverture de la fiole, on retourne celle-ci pour mélanger les liquides et l'on cesse d'agiter lorsque les stries ont disparu.

En versant cette liqueur au moyen de la burette graduée dans 10 cc. de liqueur Viollette bouillante, on reconnaîtra, si la liqueur a été bien préparée, qu'il faut employer exactement 10 cc. de liquide sucré pour précipiter tout le cuivre des 10 cc. de liqueur normale cuivrique.

Cette liqueur normale sucrée se conserve longtemps sans moisissures.

L'emploi d'une liqueur acide normale contenant 100 gr. d'acide sulfurique monohydraté par litre permet d'obtenir commodément une quantité déterminée d'acide sulfurique sans avoir recours aux pesées. Il suffit de prendre à l'aide d'une pipette jaugée 10 cc. de iquide pour avoir un gramme d'acide sulfurique concentré, quantité ordinairement employée pour produire l'inversion.

Autres liqueurs cupro-potassiques.

Liqueur Causse. — Le dosage du sucre à l'aide des liqueurs cupro-potassiques a été l'objet de bien des recherches qui, la plus part, ont eu pour résultat de préciser les conditions dans lesquelles s'effectue le mieux la réduction de l'oxyde cuivrique par le glucose. Malgré ces travaux, il persiste encore l'une des causes les plus gênantes dans ce dosage, c'est-à-dire la précipitation de l'oxydule de cuivre. En effet, vers la fin du dosage, cet oxyde provoque des soubresauts qui obligent d'opérer à une température inférieure à l'ébullition, et, partant, différente de celle du point de départ. En outre, ce précipité, d'aspect et de cohésion variables, se trouve disséminé dans le liquide, et, pour juger si la décoloration est complète, il convient d'attendre qu'il se soit déposé. Tous ces retards entraînent avec eux des causes d'erreurs. C'est pour y remédier que plusieurs chimistes ont proposé diverses modifications à la méthode. M. Causse ajoute à la liqueur cupro-potassique du ferrocyanure de potassium, en se basant sur les faits suivants (1) :

1° Le ferrocyanure de potassium est sans action sur la liqueur de Fehling, aussi bien à froid qu'à l'ébullition ;

(1) Bulletin de l'Association des chimistes.

2° Si, dans une liqueur de Fehling bouillante et additionnée de ferrocyanure, on laisse couler une solution sucrée, chaque goutte détermine, au point de contact des deux liqueurs, un précipité d'oxydule de cuivre qui se redissout ; en même temps la teinte bleue s'affaiblit. Si les proportions de ferrocyanure et d'oxyde sont convenables, on obtient sans trace de dépôt une liqueur entièrement incolore.

Pour les essais, on fait usage de la liqueur de Fehling. 10 cc. de cette liqueur sont versés dans un ballon ; on ajoute 20 cc. d'eau distillée et 4 cc. de solution de ferrocyanure au 1/20e ; on chauffe à l'ébullition, et on laisse couler goutte à goutte la solution sucrée jusqu'à disparition de la couleur bleue.

Cette première opération sert à établir le titre de la liqueur de Fehling ; en la répétant avec une solution sucrée de richesse inconnue, on obtiendra sa teneur en sucre. Dès que le ballon est retiré du feu, la solution brunit et il se dépose un corps en cristaux incolores.

Dosage de la glucose par la liqueur cupropotassique et l'iode.

MM. **Rouquès** et **Politis** indiquent une méthode dont le principe est le suivant : (1) lorsqu'on ajoute à une solution d'un sel de cuivre une solution d'iodure de potassium, il se produit une double décomposition ; une moitié de l'iode se combine au cuivre, pour former de l'iodure cuivreux, tandis que l'autre moitié devient libre ; si l'on a la précaution d'ajouter une solution d'amidon au mélange des deux solutions (de sel de cuivre et d'iodure de potassium), l'iode libre se combine à l'amidon pour former de l'iodure d'amidon bleu. Puis, on dose l'iode de cet iodure d'amidon au moyen d'une solution titrée d'hyposulfite de soude, qu'on ajoute jusqu'à décoloration. On connaît ainsi la quantité d'iode combinée à l'amidon et conséquemment celle qui est combinée au cuivre.

Pour opérer d'après le procédé que propose M. Politis, il est indispensable d'avoir :

1° Une solution cupropotassique préparée d'après la formule suivante :

Sulfate de cuivre pur cristallisé...	24 grammes	95.
Tartrate de potasse et de soude...	140 —	»
Soude pure........................	25 —	»

Eau distillée quantité suffisante pour faire un litre de solution.

(1) *Répertoire de pharmacie et Bulletin de l'Association des chimistes.*

2° Une solution d'hyposulfite de soude contenant 24 grammes 80 par litre.

3° Une solution d'iode contenant 12 grammes 70 par litre (cette solution d'iode ne sert qu'à fixer le titre de la solution d'hyposulfite de soude).

Ces trois solutions doivent se correspondre, en ce sens que la quantité d'iode contenue dans la troisième solution est précisément la quantité nécessaire pour transformer la totalité de l'hyposulfite de soude de la deuxième solution, et aussi la quantité nécessaire pour transformer en iodure cuivreux la totalité du cuivre du sulfate de cuivre de la solution cupropotassique.

Pour opérer, on procède de la manière suivante : On prend 50 cc. de la liqueur cupropotassique, qu'on fait bouillir dans une capsule de porcelaine ; on ajoute ensuite 10 cc. de la solution sucrée (qui ne doit pas contenir plus d'un millième environ de glucose). On fait bouillir pendant cinq minutes, et on complète 100 cc. ; on filtre pour séparer le cuivre réduit, et on prend 50 cc. de la liqueur filtrée ; on y ajoute de l'acide sulfurique, de manière à rendre la liqueur légèrement acide, puis une certaine quantité d'une solution d'iodure de potassium, de manière que ce sel soit en excès, et enfin un peu de solution d'amidon. On titre alors, à l'aide de la solution titrée d'hyposulfite de soude, l'iode mis en liberté qui s'est combiné à l'amidon, et, pour cela, on ajoute la solution d'hyposulfite jusqu'à décoloration de l'iodure d'amidon. On connait ainsi la quantité de cuivre non réduit, et on a, par différence, la quantité de cuivre réduit par la solution sucrée.

Si l'on a employé, par exemple, 14 cc. de la solution d'hyposulfite de soude, on retranche 11 de 25 cc. ; on sait alors que 14 cc. de la solution cupropotassique ont été réduits par la moitié de la solution sucrée employée, c'est-à-dire par 5 cc. de cette solution ; 1 cc. de la solution cupropotassique correspondant à 0 gr. 0036 de glucose, 14 cc. correspondront à 0 gr. 0504 de glucose ; c'est là la quantité contenue dans 5 cc. de la solution sucrée ; un litre de cette solution contiendra donc 0 gr. 0504 $\times$ 200, c'est-à-dire 10 gr. 08.

M. A. Baudry (*Bulletin de l'Association des Chimistes de sucrerie du 15 septembre 1887, page 348*) détermine la fin de la réaction avec un réactif d'une grande sensibilité préparé en faisant dissoudre de l'acide pyrogallique dans une solution faible de sulfate neutre de soude. Ce réactif a la propriété remarquable de donner une coloration rose très marquée au contact d'une dissolution même excessivement faible d'un sel de cuivre. Pour le dosage du sucre interverti ou du glucose dans un liquide, on opère comme d'ordinaire, c'est-à-dire qu'on recherche le sucre réducteur à l'aide de la liqueur cuivrique. Lorsqu'on arrive à la fin de l'opération, au moment douteux de l'essai.

on prélève quelques gouttes de la liqueur sucrée essayée et on les met en contact avec quelques gouttes de réactif. Si la liqueur cuivrique n'est pas complètement réduite on voit apparaître une magnifique coloration rose qui indique que l'on doit continuer l'addition de la liqueur sucrée tant que le réactif donne cette coloration. Eu égard à la grande sensibilité du réactif, on arrive à des résultats très exacts.

Pour prélever les quelques gouttes de liquide nécessaires à l'essai ci-dessus, nous recommandons le procédé de M. Wiley (*Bulletin de l'Association des Chimistes, avril 1884, page 108*), et qui consiste à filtrer ces quelques gouttes dans un tout petit entonnoir muni, en guise de filtre, d'une légère toile tapissée d'amiante finement divisée.

Liqueur cuivrique de Soldaïni.

Voici comment on prépare cette liqueur d'après M. Weisberg[1] et Bodenbender et Scheller[2]. Cette liqueur est une solution d'hydrocarbonate de cuivre dans une autre de bicarbonate de potasse.

On dissout 40 gr. de sulfate de cuivre pur et sec, on ajoute à la solution 40 gr. de carbonate de soude cristallisé; il se forme, sous un dégagement d'acide carbonique, un précipité d'hydrocarbonate de cuivre, que l'on rassemble sur un filtre et qu'on lave à l'eau distillée, jusqu'à ce que ce liquide filtré ne donne plus la réaction de l'acide sulfurique.

On porte le dépôt lavé, par parties successives, dans une solution chaude et concentrée de 416 grammes de bicarbonate de potasse dans laquelle il se dissout. On verse la solution dans un ballon de 2 litres et on y ajoute la quantité d'eau distillée nécessaire pour former 1.400 cc de solution, et on laisse le ballon pendant deux heures dans un bain-marie, ou un bain de vapeur en l'agitant de temps à autre. On filtre alors la solution refroidie pour la séparer de l'hydrocarbonate de cuivre non dissous, et l'on obtient alors une liqueur bleue d'environ 1.178 de densité.

Les principaux avantages de ce réactif sont, d'après Bodenbender et Scheller, les suivants :

Le réactif ne s'altère pas, ou du moins difficilement;

Il est très sensible en présence du sucre interverti.

Des essais faits avec cette liqueur ont démontré :

(1) *Sucrerie Belge.* Bulletin de l'Association des Chimistes, septembre 1887, p. 359.

(2) *Zeitschift fur Ruberzuckerindustrie in Bohmen. XI. 552.*

1° Qu'on obtient des nombres constants par une ébullition de 4 à 5 minutes;

2° Que la proportion de sucre interverti au cuivre précipité reste constante; 141 milligr. de cuivre = 50 milligr. de sucre interverti ou de glucose. Une molécule de sucre interverti réduit 4 molécules de cuivre de la liqueur de Soldaïni.

3° Que la présence de la saccharose n'influe nullement sur la réduction.

Le dosage se fait en portant à l'ébullition la liqueur de Soldaïni dans un ballon pendant 5 minutes; on ajoute ensuite un volume mesuré de la solution sucrée; on fait encore bouillir pendant le même temps, ou refroidit rapidement et on filtre.

L'oxydule de cuivre est réduit à l'état de cuivre métallique, par un courant d'hydrogène et pesé.

Détermination des sucres par la solution potassique de carbonate de cuivre. — Par H. Ost.

Le réactif de Soldaïni est resté, malgré beaucoup d'efforts, difficile à obtenir avec une composition constante; de plus son action sur le sucre interverti est lente.

M. Ost propose deux liqueurs propres à l'analyse de tous les sucres, donnant un dépôt d'oxydule facile à séparer avec le sucre interverti. et présentant sur la liqueur de Fehling l'avantage d'être d'une composition fixe et de n'agir presque pas sur la saccharose.

La première liqueur contient:

23 gr. 5 sulfate de cuivre cristallisé.
250 » carbonate de potasse.
100 » bi-carbonate de potasse.

On procède à l'analyse comme avec la liqueur de Fehling.

Pour les sucres pauvres en sucre interverti, on emploie une autre liqueur:

3 gr. 6 sulfate de cuivre.
250 » carbonate de potasse.
400 » bi-carbonate de potasse.

ayant pour titre le cinquième de la précédente.

Détermination du sucre inverti par les liqueurs cuivriques. — Par le professeur H. Ost.

a Analyse par voie de titrage : 50 cc. de cette solution cuivrique sont décolorés par 25 cc. d'une solution contenant 0,4 p. 100 de sucre inverti pur (correspondant à 100 milligrammes de sucre inverti) en chauffant 9 à 10 minutes. La fin de la réaction s'observe facilement par la disparition de la couleur bleue. En présence de la saccharose on emploie 25 cc. de sucre inverti (la solution contenant 100 parties et plus de saccharose).

Pour 20 parties de saccharose on emploiera 24 cc. 8 de sucre inverti.

—	5	—	—	24	5	—
—	2	—	—	24	25	—
—	1	—	—	47	5	—

(47,5 d'une solution contenant 0,2 p. 100 de sucre inverti).

b Analyse par pesée : On ajoute, par 50 cc. de liqueur cuivrique, pas plus de 100 milligrammes de sucre inverti et on ramène à un volume d'environ 75 cc. Si l'on n'emploie pas plus de 50 milligrammes et pas moins de 20 à 25 milligrammes de sucre inverti, il suffit de chauffer 6 minutes et l'on obtient, indépendamment de la quantité de cuivre en excès, sur 1 millligramme de sucre inverti 3 millig. 40 de cuivre en forme d'oxydule, 3 millig. 40 étant un chiffre constant.

Dans le cas où l'on n'emploierait pas les proportions indiquées, on obtiendrait, suivant la quantité de sucre inverti employé, des résultats un peu différents. On déduira le sucre inverti de la quantité de cuivre obtenu en divisant par les facteurs du tableau suivant (durée du chauffage 9 à 10 minutes) :

Poids de cuivre en milligrames......	300	275	250	225	200	175	150	125	75	50	25
Facteur............	3,00	3,15	3,26	3,33	3,38	3,40	3,40	3,40	3,38	3,30	3,15
Sucre inverti en milligrammes........	100	87,3	76,4	67,6	59,2	51,5	44,1	29,4	22,2	15,1	7,9

En présence de la saccharose, les facteurs augmentent un peu, quoique l'influence de cette dernière soit relativement peu considérable et il est indifférent de chauffer une minute en plus ou en moins. On ne doit pas employer plus de 50 milligrammes de sucre inverti (= 170 milligrammes de cuivre), et on chauffe 6 minutes ; on en déduit le sucre inverti du poids de cuivre trouvé au moyen des facteurs du tableau suivant :

Cuivre trouvé. Milligrammes.	Sucre inverti pur.	100 Saccharose. 100 Sucre inverti.	100 Saccharose. 25 Sucre inverti.	100 Saccharose. 10 Sucre inverti.	100 Saccharose. 5 Sucre inverti.	100 Saccharose. 2 Sucre inverti.	100 Saccharose. 1 Sucre inverti.
175	3,40	3,40	3,45	3,46	3,50	3,55	3,65
100	3,40	3,40	3,45	3,46	3 50	3,60	3,75
75	3,38	3,38	3,45	3,45	3,50	3,60	3,75
50	3,30	3,30	3,40	3,40	3,50	3,55	3,75
25	3,15	3,15	3,20	3,20	3,40	3,55	3,75

Pour les sucres de betteraves qui contiennent très peu de sucre inverti, la première solution cuivrique indiquée plus haut est trop concentrée. Dans ce cas on emploie la deuxième solution au cinquième contenant : 3 gr. 6 de sulfate de cuivre. Par son titre, cette liqueur réduit exactement la cinquième partie de la solution de sucre inverti mentionnée plus haut, c'est-à-dire à 100 cc. de la liqueur cuivrique, correspondent 40 milligrammes de sucre inverti en faisant un volume total de 150 cc. et en chauffant 5 minutes. Par suite de la faible coloration de cette liqueur il est préférable d'opérer par la méthode de la pesée.

Cette liqueur au cinquième, pour un milligramme de sucre inverti donne 2 millig. 40 de cuivre à l'état d'oxydule, et il suffit de chauffer 5 minutes.

Le tableau suivant contient les facteurs pour la détermination du sucre inverti par pesée en présence ou en l'absence du saccharose ;

Parties de sucre inverti sur 100 *parties de saccharose.*

Cuivre Milligrammes	10 à 100	10	5	4	3	2	1	0,5	0,2	0,1	0,05
85 à 40	2,40	2,45	2,47	2,49	2,52	2,57	2,65	2,75	2,90	—	—
40 à 30	2,35	2,40	2,42	2,45	2,50	2,55	2,60	2,75	3,00	3,30	3,30
30 à 20	2,20	2,30	2,35	2,37	2,40	2,50	2,55	2,80	3,20	3,30	3,30
20 à 15	2,15	2,20	2,25	2,27	2,30	2,40	2,55	2,80	3,20	3,30	3,30

La solution au cinquième n'exerce presque pas d'action sur la saccharose. L'action de la saccharose est plus grande en présence du sucre inverti ; néanmoins, on peut doser, quoique approximativement, 0,05 p. 100 de sucre inverti sur 100 de saccharose.

Détermination de la glucose en poids par la liqueur de Fehling. — Par E. Wein.

La table d'Allihn donne, comme on sait, directement la teneur en glucose, en fonction du poids de cuivre précipité. Mais on peut employer une autre solution alcaline de cuivre (173 grammes de sel de Seignette — 125 KOH) que la liqueur de Fehling. Lorsqu'on veut employer cette dernière, l'auteur a calculé la table ci-dessous. Il faut seulement observer les points suivants :

1° Ne pas étendre la liqueur de Fehling;

2° Avant l'emploi, mélanger 30 cc. solution $CuSO^4$ (à 69 gr. 278 par litre) et 30 cc. solution alcaline (173 grammes sel Seignette — 400 cc. H^2O — 100 cc. lessive de soude contenant 516 gr. NaOH par litre) ;

3° Ne pas employer de solution sucrée à plus de 1 p. 100 ; les solutions plus concentrées sont étendues ;

4° Durée de l'ébullition, deux minutes ;

5° Filtration sur amiante.

Cuivre. mg	Sucre. mg	Cuivre. mg	Sucre. mg	Cuivre. mg	Sucre. mg
10	4,5	165	83,4	320	166,7
15	7,0	170	86,0	325	167,4
20	9,5	175	88,6	330	172,2
25	12,0	180	91,2	335	175,0
30	14,6	185	93,8	340	177,8
35	17,1	190	96,4	345	180,6
40	19,6	195	99,1	350	183,3
45	22,1	200	101,7	355	186,1
50	24,6	205	104,4	360	188,9
55	27,2	210	107,0	365	191,8
60	29,7	215	109,7	370	194,7
65	32,2	220	112,3	375	197,6
70	34,7	225	115,0	380	200,5
75	37,3	230	117,6	385	203,4
80	39,8	235	120,2	390	206,3
85	42,3	240	122,9	395	209,1
90	44,8	245	125,5	400	212,0
95	47,4	250	128,3	405	214,9
100	49,9	255	131,1	410	217,8
105	52,4	260	133,7	415	220,7
110	54,9	265	136,4	420	223,6
115	57,5	270	139,1	425	226,5
120	60,0	275	141,9	430	229,4
125	62,5	280	144,6	435	232,4
130	65,1	285	147,3	440	235,3
135	67,7	290	150,0	445	237,6
140	70,3	295	152,8	450	240,6
145	73,9	300	155,6	455	243,5
150	75,5	305	158,3	460	246,5
155	78,2	310	161,1	465	241,4
160	80,8	315	163,9	470	252,4

Détermination du sucre interverti et de la raffinose.

Par HERZFELD.

Dans les déterminations de toutes les substances réductrices, on emploie la liqueur de Fehling qui donne des résultats plus rapides que le réactif de Soldaini. Avec ce dernier, l'influence de la durée de l'ébullition est plus grande mais aussi sa sensibilité est plus faible, puisqu'il contient cinq fois moins de cuivre. De plus, l'oxydule de de cuivre est grenu, se lave difficilement, et on doit, si par exemple on emploie 50 cc. de réactif, ajouter 150 cc. eau, laisser le dépôt se séparer de lui-même et observer exactement la concentration. On doit aussi, si l'on effectue la clarification par le plomb, enlever soigneusement l'excès de ce réactif, parce que le sulfate de plomb ainsi que la chaux et d'autres, sont difficilement solubes dans le réactif de Soldaini et occasionnent des troubles.

Pour 10 grammes de sucre brut, dissous dans 50 cc., addition de 100 cc. réactif de Soldaini, cinq minutes d'ébullition, il existe entre le sucre interverti, et le cuivre, la relation

$$y = 2 + 3{,}1153\,x - 0{,}009771\,x^2.$$

La formule de la raffinose, d'après de nouvelles déterminations exactes, calculée en raffinose anhydre à la température de 20° peut se mettre sous la forme :

$$S = \frac{0{,}5124\,P - I}{0{,}839}$$

$$S = \frac{P - S}{1{,}852}$$

S, P, I, R exprimant le sucre, la polarisation avant et après inversion et la raffinose.

Lorsque la température n'est pas exactement de 20°, on a

$$I_{20^\circ} = I_t + 0{,}0038\,\alpha\,(20 - t)$$

t = température d'observation ; α somme de la formule de Clerget.

Pour un degré, on a comme différences :

$$\text{Sucre} : \frac{0{,}50}{100 + 32{,}66} = 0{,}00377$$

$$\text{Raffinose} : \frac{0{,}29}{157{,}15 - (+\,80{,}53)} = 0{,}00378$$

On emploie, par conséquent, I_{20} corrigé lorsque la température n'est pas exactement de 20°.

Lorsqu'on veut tenir compte de la concentration C qui est donnée par la formule :

$$C = -\left(31.84 + \frac{i}{20}\right)$$

i = degrés lus directement pour la solution intervertie.

On remplace dans la formule de Clerget, 142.66 par $141.84 + \frac{i}{20}$ et on a :

$$S = \frac{P - I}{141.84 + \frac{i}{20} - \frac{t}{2}}$$

formule donnant les corrections relatives à la température et à la concentration.

Détermination de la saccharose en présence du sucre interverti ou de la raffinose par l'inversion.

Par Dammuller[1].

L'auteur a trouvé que 100 p. de *saccharose* après inversion à 69° donnent une déviation à gauche de — 32°66 à la température de 20°. C'est ce chiffre qui sert de base à la formule ci-dessous.

Le poids normal de la *raffinose* est :

101.5 : 66.5 = 26.048 : x x = 16.576.

104.5 et 66.5 étant les rotations spécifiques de la raffinose et de la saccharose. (Le poids normal pour le saccharimètre français serait x = 10 gr. 31).

Ces 16 gr. 576 de raffinose hydratée correspondent à 14 gr. 065 de raffinose anhydre. Le rapport des deux poids normaux 26.048 : 14,065 = 1.85.

Si l'on désigne par P et I les polarisations des poids normaux avant et après inversion, par S et R les teneurs en sucre et en raffinose anhydre, on a :

(1) $P = S + 1.85\,R.$

(2) $I = -0.3266\,S + 0.9598\,R.$

Si l'on multiplie (1) par le rapport : $\frac{0.9598}{1.85}$ et si l'on retranche l'équation (2), on obtient 0.5188 P. = I — 0.8454 S.

$$\text{d'ou } S = \frac{0.5188\,P - I}{0.8454} \qquad R = \frac{P - I}{1.85}$$

(1) *Chem. Ztg. Rep.*, 1888, 30, 240.

Analyse d'un mélange de plusieurs sucres.

Par E. LÉGIER[1].

On a très souvent à déterminer la composition d'un mélange contenant en proportions quelconques des sucres ayant des pouvoirs rotatoires et réducteurs différents. Nous allons examiner les différents cas que l'on rencontre dans la pratique habituelle.

Saccharose et dextrose. — Ce mélange peut s'analyser de plusieurs façons :

a. *Par polarisation.* — Soient S la saccharose et D la dextrose (glucose). — On pèse un poids donné de la substance ou, si elle est en dissolution on prend un volume déterminé et on titre au polarimètre. — Soient α la déviation obtenue à droite en *degrés d'arc.* Les pouvoirs rotatoires de la saccharose et de la dextrose sont respectivement de 66.5 et 53. — On intervertit et on polarise de nouveau en notant la température.

Soit α'.

On sait que 100 p. de saccharose donnent à l'inversion 105.26 p. de sucre interverti. De la formule générale donnant le pouvoir rotatoire

$(\alpha)_D = \frac{100\ \alpha}{lc.}$, nous extrayons :

$$\alpha = \frac{lc\ (\alpha)D}{100}$$

La déviation α se composera donc de :

$$\alpha = \frac{2\,S \times 66.5}{100} \times \frac{2\,D \times 53}{100}$$

$$\alpha = 1.33\,S + 1.06\,D \qquad (1)$$

pour le tube de deux décimètres.

et α' : que nous ramènerons à une température déterminée par la formule de correction.

$$(\alpha)_D^t = -(27.9 - 0.32\,t) = -21.5 \text{ à } 20°$$

$$\alpha' = \frac{2\,D \times 53}{100} - \frac{2 \times 21.5 \times 1.0526\ S}{100}$$

$$\alpha' = 1.06\,D - 0.4547\,S \qquad (2)$$

(1) *Bulletin de l'Association des Chimistes*, année 1890, p. 19.

Des deux équations (1) (2) nous tirons D et S.

$$D = \frac{0.447\,\alpha + 1.33\alpha'}{1.893} \qquad (3)$$

$$S = \frac{\alpha - \alpha'}{1.785} \qquad (4)$$

b. *Par la liqueur de Fehling.* — L'analyse peut aussi être effectuée par la liqueur de Fehling, soit par décoloration de la liqueur, soit en pesant l'oxydule de cuivre. On titre avant et après inversion.

La quantité de dextrose correspondant aux milligrammes de cuivre est donnée par la relation du second degré, x = Dextrose, y = Cuivre, ou par la table d'Allihn.

$$y = -1.926 + 2.689\,x - 0{,}006764\,x^2$$

Dans le second dosage, z représentant le sucre interverti que l'on ramène ensuite par le calcul à la quantité correspondante de saccharose, on se sert de la relation :

$$y = -1.0845 + 1.9864\,z - 0.0008978\,z^2$$

c. *Méthode mixte.* — On polarise et on a ainsi la déviation totale due à la saccharose et à la dextrose ; on titre ensuite par la liqueur de Féhling et on introduit cette dernière valeur de D dans l'équation (1). On titre ainsi

$$S = \frac{1.06\,D - \alpha}{1.33} \qquad (5)$$

L'analyse de ce mélange est applicable aux sucs naturels qui renferment aussi souvent de la lévulose.

Saccharose et lévulose. — La lévulose L a un pouvoir rotatoire qui varie avec la chaleur d'environ 0.5 par degré de 20° à 40°.

Nous admettrons — 71.40 pour une concentration de 20 — et à la température de 20°.

L'analyse comme dans le cas précédent, peut se faire de trois façons, en conservant les mêmes notations et en opérant de même.

a. *Par polarisation.* — On polarise avant et après inversion :

$$\alpha = \frac{2 \times 66.5\,S}{100} - \frac{2\,L \times 71.40}{100}$$
$$= -1.33\,S - 1.428\,L \qquad (6)$$

$$\alpha' = -\frac{2 \times 21.5 \times 1.0526\,S}{100} - \frac{2 \times 71.40\,L}{100}$$
$$= -0.447\,S - 1.428\,L \qquad (7)$$

Des deux équations (6) et (7) nous tirons :

$$S = \frac{\alpha - \alpha'}{1.785} \qquad (8)$$

$$L = \frac{-1.33\alpha' - 0.4547\,\alpha}{2.55} \qquad (9)$$

Dans le cas actuel α' qui est pris dans la formule (9) avec le signe négatif, étant observé à gauche du zéro deviendra positif.

b. *Par la liqueur de Fehling.* — On opère comme pour un mélange de saccharose et de dextrose.

c. *Méthode mixte.* — On polarise et on titre par la liqueur cuivrique. La lévulose ainsi obtenue est transportée dans la formule (6) d'où l'on tire S.

$$S = \frac{a + 1,428}{1,33}$$

Saccharose et sucre interverti. — Le pouvoir rotatoire du sucre interverti varie avec la température de 0 à 30° suivant la relation.

$$(\alpha)_D^t = \alpha_D^{20} + 0.3041\,(t - 20) + 0.00165\,(t - 20)^2$$

Nous prendrons la valeur — 21.5 à 20°.

Le mode opératoire est le même que pour le cas précédent. Soit I le sucre interverti.

$$\alpha = \frac{2 \times 66.5\,S}{100} - \frac{2 \times 21.50\,I}{100}$$

$$\alpha = 1.33\,S - 0.43\,I \qquad (11)$$

$$\alpha' = -\frac{2 \times 21.5 \times 1.0526\,S}{100} - \frac{2 \times 21.5\,I}{100}$$

$$\alpha' = -0.4547\,S - 0.43\,I \qquad (12)$$

Les deux équations (11) et (12) donnent :

$$S = \frac{\alpha - \alpha'}{1.785} \qquad (13)$$

$$I = \frac{-0.4547\,\alpha - 1.33\,\alpha'}{0.768} \qquad (14)$$

Dans l'analyse, α' sera à gauche du zéro et deviendra positif dans la formule.

Si l'on détermine I par la liqueur de Fehling, on introduira cette valeur dans l'équation (11), et on aura ;

$$S = \frac{\alpha + 0.43\,I}{1.33} \qquad (15)$$

Saccharose, dextrose et lévulose. — En proportions quelconques Soit α la polarisation avant inversion, α' la polarisation après insion.

$$\alpha = \frac{2.665\,S}{100} + \frac{2\,D \times 53}{100} - \frac{2\,L \times 71.40}{100} \qquad (16)$$

$$= 1.33\,S + 1.065\,D - 1.428\,L$$

$$\alpha' = -0.4547\,S + 1.06\,D - 1.428\,L \qquad (17)$$

En retranchant α' de α nous obtenons :

$$S = \frac{\alpha - \alpha'}{1.785} \qquad (18)$$

On titre par la liqueur de Fehling et on a la somme des sucres réducteurs $D + L = m$.

On pose alors les équations :

$$D + L = m \qquad (19)$$

$$\alpha - 1.33\,S = 1.06\,D - 1.428\,L \qquad (20)$$

qui donnent :

$$D = \frac{1{,}428\,m + \alpha - 1{,}33\,S}{2{,}488} \qquad (21)$$

$$L = \frac{1{,}06\,m - \alpha + 1{,}33\,S}{2{,}448} \qquad (22)$$

Saccharose et raffinose. — La raffinose hydratée a pour pouvoirs rotatoires avant et après inversion.

$$(\alpha)_D = +104{,}5 \text{ et } (\alpha)'_D = +53$$

En établissant les équations comme précédemment on a :

$$S = \frac{1{,}06\,\alpha - 2{,}09\,\alpha'}{2{,}298} \qquad (23)$$

$$R = \frac{0{,}425\,\alpha + 1{,}33\,\alpha'}{2{,}298} \qquad (24)$$

Ces deux formules se transforment si l'on emploie les degrés saccharimétriques au lieu des degrés polarimétriques en :

$$S = \frac{\alpha + \alpha' - 0{,}493\,\alpha}{0{,}827} \qquad (23 \text{ bis})$$

$$R = \frac{\alpha - S}{1{,}57} \text{ (raff. hydratée).} \qquad (24 \text{ bis})$$

Sacchorose, raffinose et sucre interverti. — On titre avant inversion par la liqueur de Fehling qui donne I.

$$\alpha = 1{,}06\,S + 2{,}09\,R = 0{,}43\,I$$

$$\alpha' = -0{,}4547\,S + 1{,}06\,R - 0{,}43\,I \qquad (25)$$

$$S = \frac{1{,}06\,(\alpha + 0{,}43\,I) - 2{,}09\,(\alpha' + 0{,}43\,I)}{2{,}298}$$

$$R = \frac{0{,}425\,(\alpha + 0{,}43\,I) + 1{,}33\,(\alpha' + 0{,}43\,I)}{2{,}298} \qquad (26)$$

Dextrose, dextrine, maltose. — Ce mélange se rencontre dans la bière. — Nous admettrons pour la maltose $(\alpha)_D = 138$ pour une concentration de 25 pour 100 et à la température de 20°. Et pour la dextrine δ $(\alpha)_D = 197$.

Nous poserons :

$$\alpha = 1{,}06\,D + 2{,}76\,M + 3{,}94\,\delta \qquad (27)$$

Après inversion de deux heures avec 1/10 HC*l* :

$$\alpha' = 1{,}06\,D + 1{,}12\,M + 1{,}18\,\delta \qquad (28)$$

On titre par la liqueur de Fehling avant et après inversion, on a R et R' :

$$R = D + 0{,}60\,M \qquad (29)$$

$$R' = D + 1{,}05\,M + 1{,}11\,\delta \qquad (30)$$

Le pouvoir réducteur de la maltose est égal à 60 p. 100 de celui de la dextrose.

On tire de ces équations :

$$D = R' - \frac{0{,}65\,(\alpha - \alpha') - 1{,}24\,(R - R')}{0{,}58}$$

$$\delta = \frac{1{,}64\,(R - R') - 0{,}45\,(\alpha - \alpha')}{0{,}58}$$

$$M = \frac{1{,}11\,(\alpha - \alpha') - 2.76\,(R - R')}{0{,}58}$$

Ces formules s'appliquent à la maltose hydratée.

$$C^{24}\,H^{22}\,O^{11} + H^2\,O$$

CHAPITRE VIII

Analyses des Sucrates.

Sucrate de chaux

Dosage du sucre et de la chaux. — Comme la présence des alcalis et surtout de la chaux, exerce une grande influence sur la rotation du sucre, il faut toujours saturer la chaux avant de faire l'observation optique.

Bien souvent on demande aussi le dosage de la chaux, afin de constater le rapport entre la chaux et le sucre.

Dans ce but on prend pour l'analyse 16 gr. 20 de sucrate (la prise d'essai pour le saccharimètre Laurent, ou 16 gr. 35 pour Soleil Dubosq, 10 gr. pour le Vivien, et 13 gr. 024 pour les saccharimètres allemands), et l'on sature la chaux avec de l'acide acétique, titré de de façon que les centimètres cubes employés pour la saturation donnent sans calcul le taux 0/0 de chaux.

On réduit le sucrate en bouillie, que l'on colore avec deux gouttes d'une solution de phénolphtaléïne. On ajoute ensuite l'acide acétique titré, au moyen d'une burette graduée, jusqu'à décoloration complète, en ayant soin de remuer toute la masse pendant la saturation et de n'ajouter le dernier centimètre cube d'acide que goutte à goutte, pour ne pas en mettre un excès. Le sucrate est alors parfaitement décomposé, et l'on a une solution sucrée contenant de l'acétate de chaux et troublée par l'impureté du sucrate.

On clarifie le liquide ainsi traité avec quelques gouttes de sous-acétate de plomb ; on le verse dans un matras jaugé de 100 centimètres cubes, et l'on complète le volume avec de l'eau distillée. On agite le liquide pour le rendre homogène, on filtre sur un papier sec et l'on examine le liquide filtré au saccharimètre. Les degrés observés donnent le taux de sucre, et les centimètres cubes d'acide titré employés pour la saturation, donnent le taux de chaux. Par un simple calcul on obtient le taux de chaux pour 100 de sucre.

Préparation de l'acide acétique titré. — On prépare l'acide titré en question, de la manière suivante : On prend 10 centimètres cubes d'acide acétique cristalisable, au moyen d'une pipette ou d'une burette graduée, on les verse dans une capsule de porcelaine en ajou-

tant qnelques gouttes de tournesol. On ajoute de la solution potassique normale (47 gr. de potasse par litre) au moyen d'une burette graduée en 1/10 de centimètre cube, jusqu'à la neutralisation, afin de constater ainsi la concentration de l'acide acétique employé en rapport avec le titre normal de l'alcalimétrie (1 centimètre cube = 0 gr. 028 CaO). La table suivante donne le rapport entre l'acide titré en question et les solutions normales de l'alcalimétrie, c'est-à-dire le nombre de centimètres cubes d'une solution potassique normale, nécessaire pour saturer un centimètre cube de l'acide titré en question.

	Prise d'essai du saccharimètre grammes.	1 centimètre cube d'acide acétique titré doit saturer	
		Chaux (gr.)	Solution potassique normale.
Système Laurent..........	16.200	0.16200	5.786
— Soleil-Duborq...	16.350	0.16350	5.839
— Vivien...........	10.000	0.10000	3.571
— Venzke..........	13.024	0.13024	4.650

Or, en connaissant la concentration de l'acide employé, il est très facile de calculer combien de centimètres de l'acide concentré sont nécessaires pour faire un litre d'acide titré. Soit 10 centimètres cubes d'acide concentré qui ont demandé pour être saturés 83cc., 9 d'une solutton potassique normale (47 de potasse) par litre; le saccharimètre du laboratoire étant un Laurent, dont la prise d'essai est de 16 gr. 20, et par suite, la saturation de 10 centimètres cubes d'acide exigeant, 57 cc., 86 de la solution potassique normale, la proportion.

$$X : 1.000 = 57.86 : 83.90$$

donne X = 689.74 c'est-à-dire qu'il faut prendre 689 cc., 7 de l'acide concentré et compléter le volume de 1 litre avec de l'eau distillée pour obtenir un acide titré dont 1 centimètre cube égal 0.16200 g. CaO.

En employant les saccharimètres allemands portant la division Ventzke, il est toujovrs préférable de n'employer que 13 gr 024 $\left(\frac{26.048}{2}\right)$ et de faire l'observation optique dans un tube de 400 m/m.

Quotient de pureté. — Pour obtenir un jus qui contient tout le sucre et toutes les impuretés du sucrate, il faut simplement séparer la chaux en la carbonatant avec un courant de gaz carbonique.

Pour cela, on réduit une quantité suffisante (sans peser) de sucrate en bouillie, avec de l'eau distillée; on verse le liquide dans un matras muni d'un bouchon en caoutchouc portant deux tubes en verre, dont le plus long communique avec une source de gaz carbonique, et le tube court porte à la partie extérieure un tube en caoutchouc fermé par un pince de Mohr. On colore légèrement la bouillie de sucrate avec deux gouttes de phénolphtaléïne, on ferme le matras avec son bouchon, on ouvre le robinet de la source de gaz.

De temps à autre on ouvre la pince de Mohr, afin de laisser sortir l'air qui accompagne l'acide carbonique. On 'carbonate ainsi longtemps, en agitant souvent le matras, jusqu'à la décoloration du sucrate, c'est-à-dire jusqu'à la parfaite neutralisation de la chaux. On enlève le bouchon et on chauffe la bouillie jusqu'à l'ébullition, puis on filtre. On laisse refroidir le liquide jusqu'à la température du laboratoire ; l'on détermine la densité, le sucre, les cendres, le degré de pureté, le cœfficient salin comme pour un jus de betteraves ou un jus en cours de fabrication.

On peut aussi accélérer l'opération, en saturant la plus grande partie de la chaux, non pas avec l'acide carbonique, mais avec l'acide phosphorique ou oxalique qui forment aussi avec elle des combinaisons insolubles. Dans ce cas on pèse 50 gr. de sucrate à analyser, que l'on colore avec de la phénolphtaléïne, et l'on ajoute de l'acide phosphorique ou oxalique, de façon que 95 0/0 environ de la chaux contenue dans le sucrate, soient précipités. On élimine ensuite le reste par un courant de gaz carbonique de la manière décrite ci-dessus.

Une précipitation complète de la chaux à l'état de phosphate ou d'oxalate conduirait à de faux résultats, car ces acides décomposeraient aussi les sels organiques de chaux, ce que ne fait pas le gaz carbonique, et par suite, les jus ainsi traités seraient plus purs que ceux de la fabrication même.

Sucrate de strontiane.

On analyse le sucrate de strontiane comme le sucrate de chaux seulement l'acide acétique titré doit donner le tant pour cent de strontiane (SrO) au lieu de chaux (CaO).

Pour faire ce titre il faut employer la table suivante :

	Prise d'essai du Saccharimètre.	1 cen. cub. de l'acide acétique titré	
		doit saturer Strontiane (SrO) en gr.	doit saturer centimètres cubes d'une solution potassique normale.
Système Laurent.......	16.2000	0.16200	3.140
— Soleil-Dubosq.	16.3500	0.16350	3.169
— Vivien........	10.0000	0.10000	1.938
— Venzke.......	13.0240	0.13024	2.524

En employant la prise d'essai du saccharimètre, les centimètres cubes de l'acide acétique titré, employés pour la saturation du sucrate donnent sans calcul la proportion de strontiane.

Lessives de sucraterie.

A l'aide d'une pipette on introduit 50 cc. de lessive dans un ballon jaugé de 100 cc. On colore la lessive avec de la phtaléïne et on ajoute quelques centimètres cubes d'acide acétique dilué jusqu'à décoloration, en ayant soin d'éviter d'en employer avec excès. On ajoute ensuite 2 gouttes d'une solution de carbonate de chaux, on clarifie avec quelques centimetres cubes de sous-acétate de plomb, on complète le volume de 100 cc. avec de l'eau, on agite, on filtre et on polarise dans un tube de 400 m/m. Le nombre de degrés observés multipliés par 0.1620 donne le taux 0/0 de sucre.

La table donne immédiatement les résultats.

Dans les usines installées par le procédé Steffen (Séparation) ou les procédés à la strontiane ou à la baryte, il faut aussi déterminer en même temps la teneur en chaux (CaO), ou en hydrate de strontiane, ou en hydrate de baryte.

Dans ce cas, on prépare de l'acide acétique titré de telle façon que les centimètres cubes employés pour la neutralisation de 50 cc. de lessive donnent sans calcul les taux de chaux, de strontiane ou de baryte.

Remarque. — On peut aussi employer cette méthode pour l'analyse des jus chaulés des râperies.

CHAPITRE IX

Analyses diverses.

Recherche du sucre obtenu par l'acide sulfureux.

Dans un verre à expérience on introduit 1 gr. 50 du sucre à essayer et on le recouvre avec 2 cc. d'une solution froide très étendue d'amidon. Quand le sucre est à peu près dissous, on ajoute quelques gouttes d'une solution faible d'acide iodique que l'on fait couler sur les parois afin de ne pas mélanger. Si le sucre contient des traces d'acide sulfureux ou d'acide hyposulfureux, il se développe un cercle bleuâtre au contact des deux solutions. L'acide iodique est réduit par l'acide sulfureux ou hyposulfureux et l'iode mis en liberté colore l'amidon.

Si l'on veut doser l'acide sulfureux on dissout 10 gr. de sucre dans l'eau distillée, on neutralise par l'acide sulfurique et on titre avec l'iode jusqu'à coloration persistante.

Méthode pour déterminer dans une masse cuite en grains la proportion de sucre cristallisé et la proportion de suc e dissous dans les eaux mères. — Détermination de la quantité de sucre perdu du fait de l'élimination centrifuge des petits cristaux et de la fonte des sucres par le clairçage.

On introduit un poids quelconque de masse, cuite, 50 gr. ou 100 gr. par exemple, dans un appareil à déplacement dont le fond est muni d'un morceau de flanelle.

On fait passer un courant d'eau bouillante qui ramollit la masse et bientôt l'eau mère s'écoule. On la recueille dans une capsule de platine ou de nickel.

Ou bien, on chauffe à 85° c un poids quelconque de masse cuite, 500 gr, par exemple, et on la passe dans une essoreuse Sourdat (fig.33) dont la toile est recouverte d'uu tissu de flanelle et on recueille le plus d'égout possible.

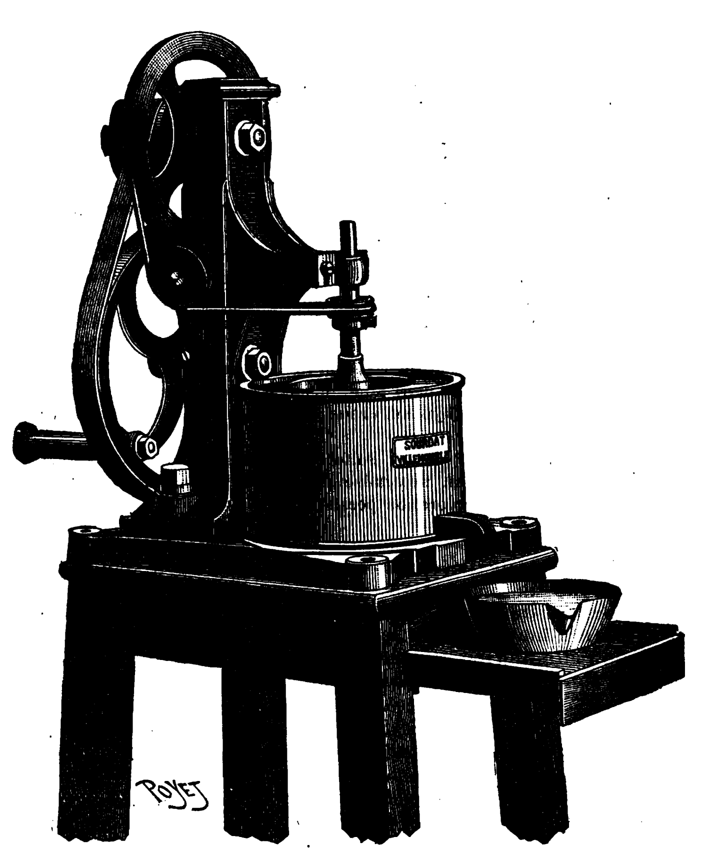


Fig. 33.

Celà fait, voici comment on procède :

On a dosé le sucre directement dans la masse cuite telle quelle, soit a le sucre 0/0 de masse cuite. On détermine également sur 16 gr. 20 ou sur 8 gr. 10, si on n'a pas assez de matière, le sucre contenu dans l'égout obtenu, soit p' la polarisation ou le sucre 0/0 de l'égout.

La polarisation des cristaux de sucre privés d'eaux mères peut être représentée par 100, puisque c'est du sucre chimiquement pur.

On pourrait aussi représenter cette polarisation par celle que donne habituellement le sucre sortant de la turbine ; soit p cette polarisation. Représentons par

$p =$ la polarisalion des cristaux de sucre ;
$p' =$ — de l'eau-mère :
$a =$ — de la masse cuite ;
$m =$ poids de la masse cuite ;
$x =$ le poids de sucre cristallisé pour m de masse cuite ;
$y =$ le poids de l'égout.

Nous avons les deux équations suivantes :

(1) $$px + p'y = ma$$
(2) $$x + y = m$$

Résolvant, nous avons :

(3) $$x = m - y$$
$$p(m - y) + p'y = ma$$
$$pm - py + p'y = ma$$

et comme $py < p'y$ nous écrivons :

$$y(p - p') = pm - ma$$
(4) $$y = \frac{pm - ma}{p - p'}$$

Si nous supposons le poids de la masse cuite égale 1 nous avons pour la formule (4)

(5) $$y = \frac{p - a}{p - p'}$$

Si l'on résolvait par rapport à x, on aurait :

(6) $$x = \frac{a - p'}{p - p'}$$

Soit une masse cuite qui nous a donné les résultats suivants :

Polarisation de la masse cuite........................ 84°5
Polarisation de l'eau-mère........................... 60°6

Appliquant la formule 6, nous avons :

$$x = \frac{84.5 - 60.6}{100 - 60.6} = 0.606.$$

Donc dans 1 de masse cuite il y a 0.6066 de sucre cristallisé, soit 60.66 p. 100.

Et 100 — 60.66 = 39.34 p. 100 d'eau-mère.

La masse cuite avait une densité de 1.55. Elle contenait donc 60.66 × 1.55 = 94.02 de sucre par hectolitre.

Comme on en n'a récolté à la turbine que 78.80, il y a donc eu une freinte au turbinage de 94.02 — 78.80 = 15 k. 22 de sucre par hectolitre de masse cuite. Cette freinte est due évidemment et à l'élimination des petits cristaux par la force centrifuge, et à la fonte provoquée par la clairce.

Si les fabricants de sucre se rendaient un compte plus exact de l'énorme quantité de sucre qu'ils fondent au turbinage, ils amélioreraient sans doute cette partie de la fabrication. Ils s'ingénient, et avec raison, à trouver des procédés qui augmentent le rendement en sucre 1er jet, alors qu'en perfectionnant le turbinage, ils pourraient recueillir au moins 10 kil. de plus de sucre blanc 1er jet, par hectolitre de masse cuite. ce qui représente près de 1 p. 100 de sucre en plus du poids de la betterave.

Recherche de la saccharine.

Nous résumons l'article que M. Ch. Girard a fait paraître dans la *Revue scientifique* sur les deux procédés généralement usités pour la recherche de la saccharine dans les liquides.

1er *Procédé.* — La première méthode consiste à transformer la saccharine en acide salicylique.

On met dans un flacon 100 centimètres cubes du liquide suspect, on acidule par l'acide sulfurique. On ajoute 25 centimètres cubes d'un mélange à volumes égaux d'éther à 62° et d'essence de pétrole légère ; on agite et l'on verse dans une boule à décantation. Le liquide éthéré, entraînant en dissolution la majeure partie de la saccharine, remonte à la surface.

On recueille le liquide le plus lourd dans le premier flacon, et la couche éthérée dans une capsule de porcelaine. On verse une seconde fois 25 centimètres cubes du mélange d'éther et d'essence de pétrole sur la partie que l'on vient de recevoir dans le premier flacon ; on agite, on verse dans la boule à décantation et on sépare les deux couches liquides comme il vient d'être dit, en ayant soin de joindre la nouvelle solution éthérée à la première déjà recueillie dans la capsule en porcelaine. Ces deux épuisements sont nécessaires et suffisants pour dissoudre toute la saccharine qui pouvait être contenue dans le liquide. On évapore alors le produit contenu dans la capsule en laissant flotter sur un bain-marie d'eau-bouillante (ayant eu soin d'éteindre la source de chaleur pour écarter toute chance d'incendie).

La plus grande partie du dissolvant disparaît ainsi. On ajoute à ce qui reste quelques gouttes de soude caustique et on évapore dans un petit creuset de porcelaine, puis on continue à chauffer, jusqu'à la fusion, pendant une demi-heure. On laisse alors refroidir, on reprend par l'eau ; on acidule par l'acide chlorhydrique ou sulfurique. Le liquide ainsi obtenu contient toute la saccharine qui pouvait exister, transformée en acide salicylique. Pour caractériser ce dernier, on épuise une seule fois à l'éther, en opérant comme nous avons dit au commencement. L'éther recueilli dans une petite capsule est évaporé complètement, on ajoute au résidu sec quelques gouttes de perchlorure de fer très dilué. S'il y a de l'acide salycilique, on voit apparaître une belle coloration violette. Dans ce cas (en admettant qu'il n'en existe pas au préalable dans la liqueur), la présence de cet acide salicylique indique celle de la saccharine dans le liquide suspect.

Dans le cas où le liquide soumis à l'essai contiendrait de l'acide salicylique, ce dont on doit s'assurer en prélevant une petite partie de l'épuisement ou mélange d'éther et d'essence de pétrole, en l'évaporant et traitant par quelques gouttes de perchlorure de fer dilué (qui doit donner, s'il y en a, la coloration violette dont on vient de parler), il vaut mieux employer le second procédé qui offre d'ailleurs une plus grande sensibilité et dont la manipulation est moins longue.

2° *Procédé.* — On opère toujours le double épuisement au moyen du mélange d'éther et d'essence de pétrole ; on évapore à sec dans une capsule de porcelaine la dissolution ainsi obtenue. On ajoute un peu de *résorcine* et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré ; on chauffe à la flamme d'une lampe à alcool disposée en veilleuse.

La petite portion du liquide ainsi formée prend successivement les colorations rouge, puis vert foncé. A ce moment on ôte la lampe à alcool, et, après avoir laissé refroidir, on ajoute de l'eau, on verse dans un verre, la capsule est rincée une ou deux fois, les eaux de lavage également versées dans le verre. On ajoute au liquide ainsi obtenu de la potasse : il devient alors rouge avec une fluorescence verte prononcée.

Avec la première méthode, on peut à peine déceler 0 gr. 005 de saccharine dans 100 cc. de liquide. Ce qui fait 0 gr. 05 pour un litre. Et, comme le pouvoir sucrant de la saccharine est environ 300 fois celui du sucre de canne, 0 gr. 05 représentent 15 grammes de sucre par litre. Ce qui est encore une belle marge laissée à la falsification.

Avec la deuxième méthode, M. Girard a pu caractériser un demi-milligramme dans 100 cc., ce qui fait pour un litre 0 gr. 005 qui équivalent à 1 gr. 5 de sucre de canne. C'est assez dire que, avec ce moyen de recherche, toute fraude devient impossible.

Réactifs des Sucres

M. Mathieu Plessy a imaginé un réactif qui permet de distinguer et de déceler le sucre de canne, le sucre de raisin et l'acide pyrogallique.

Ce réactif représente une dissolution de parazotate de plomb dans le nitrate d'ammonium fondu, dans lequel on dissout d'abord le nitrate de plomb pulvérisé. Lorsque ce sel est à peu près dissous (1), on retire du feu et l'on ajoute la litharge pulvérisée selon la formule ci-dessous :

$$\left.\begin{array}{r} NO^3Az^4 - 45 \text{ p. ou } 5 \text{ at.} \\ (NO^3)^2Pb - 34 \text{ p. ou } 1 \text{ at.} \\ PbO - 21 \text{ p. ou } 1 \text{ at.} \end{array}\right\} \text{ environ.}$$

Cette préparation ne constitue point un sel double d'ammonium et de plomb ; fondue, elle est limpide, après une effervescence de quelques instants ; elle ne se solidifie, en se refroidissant, qu'à 102° ; à raison de cette fusibilité de beaucoup supérieure à celle du nitrate d'ammonium, et par analogie avec les alliages métalliques, cette préparation a été désignée sous le nom de *sel fusible gris*.

Lorsqu'on traite ce sel par l'eau et par décantation, le nitrate d'ammonium est entraîné, et il se dépose une poudre blanche peu soluble qui est un orthoazotate, puisqu'elle retient de l'eau de constitution, laquelle ne se sépare qu'entre 160 et 190° ; à cette température, la perte est de 3,05 p. 100, la formule AzO^4PbH exige 3,16.

Voici maintenant comme il convient d'opérer avec le *sel fusible gris :*

Ce sel, fondu avec ménagement par la chaleur est additionné d'une petite quantité (0 gr. 005) de l'une des substances qui lui communiquent une coloration caractéristique.

Il est préférable d'opérer sur de petites quantités de matière, et les tubes à granules homéopathiques sont d'une capacité suffisante. Pour le glucose, on l'ajoute après fusion incomplète du sel afin d'opérer à la température la plus basse ; après addition de ce sucre, on ne chauffe plus et on laisse la teinte se développer en secouant le petit tube d'essai que l'on incline afin de répandre le sel et favoriser son refroidissement,

Pour le saccharose, après fusion du réactif et addition du sucre, on chauffe encore avec ménagement jusqu'à coloration caractéristique.

(1) Pour le dissoudre complètement, il faut 54 NO^3AzH^4, au lieu de 45 p. Un matras à fond plat de 250 grammes convient le mieux à cette préparation.

Enfin, pour l'acide pyrogallique, on peut mêler cet acide au réactif solide, fondre le tout et chauffer jusqu'à développement de la nuance donnée par cet acide.

En opérant comme il vient d'être dit, on obtient les colorations suivantes :

A — Glucose.............. Coloration cerise.
B — Saccharose......... — café au lait.
C — Acide pyrogallique. — vert de chrome.

Le réactif préparé avec la litharge lavée à l'ammoniaque donne les mêmes colorations.

M. IHL (*Scheibler's neue Zeitschrift*, t. XVII, n° 24), indique le procédé suivant pour déceler le sucre de betterave. On chauffe la solution de sucre de betterave avec HCl concentré et une solution alcoolique d'orcine, on obtient une coloration jaune foncé, et avec l'eau un précipité vert.

Avec HCl et α naphtol, la coloration est violette, et le précipité violet-bleu. Avec β thymol, la coloration est vermillon, et le précipité violet-rouge floconneux. Cette dernière réaction est sensible avec 0,00001 p. 100 de sucre.

Si on fait agir un mélange de sucre de betterave avec de la diphénylamine en solution alcoolique sur l'acide sulfurique, on obtient par la chaleur une coloration jaune-verdâtre, puis rouge, violette, et enfin bleue. Le précipité est insoluble dans l'eau, soluble dans l'alcool en bleu céleste. Les alcalis le font virer au rouge, et les acides étendus ramènent la couleur. Une solution à 0.05 p. 100 donne cette réaction d'une manière éclatante.

CHAPITRE X.

Analyse des produits employés pour la fabrication du sucre.

Pierre à chaux.

On prend pour l'analyse la matière réduite en poudre fine. On doit au préalable prendre un grand échantillon et le réduire dans un mortier en petits fragments dont on prélève une partie que l'on réduit en poudre très fine passant au tamis n° 100.

Dosage de l'eau. — On dessèche 10 gr. de calcaire pulvérisé à l'étuve à 110° C, et l'on détermine la perte. Soit perte 0 gr. 435 ; elle correspond à $0.435 \times 10 = 4.35$ 0/0 d'eau de carrière.

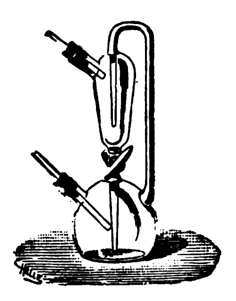


Fig. 34.

Dosage de l'acide carbonique. — On peut le déterminer de plusieurs manières.

La méthode la plus expéditive et la plus rigoureuse consiste à traiter 5 gr. de calcaire en poudre par un poids connu d'acide azotique, dans un petit appareil en verre (appareil Rose, appareil Kipp (fig. 34), appareil Rohrbeck, flacon de Geissler, etc.), que l'on pèse avant et après la réaction. La différence de poids représente l'acide

carbonique. Soit 1 gr. 992 d'acide carbonique pour 5 gr. de calcaire. Acide carbonique 0/0 = 1.992 × 20 = 39.840. Or 44 de CO^2 = 100 de CO^3Ca (CaO, CO^2). Donc le poids de l'acide carbonique multiplié par 2.273 = le carbonate de chaux.

39,840 × 2.273 = 90.550 de carbonate de chaux.

On peut aussi déterminer l'acide carbonique volumétriquement, en se servant soit du calcimètre Scheibler, soit de tout autre appareil.

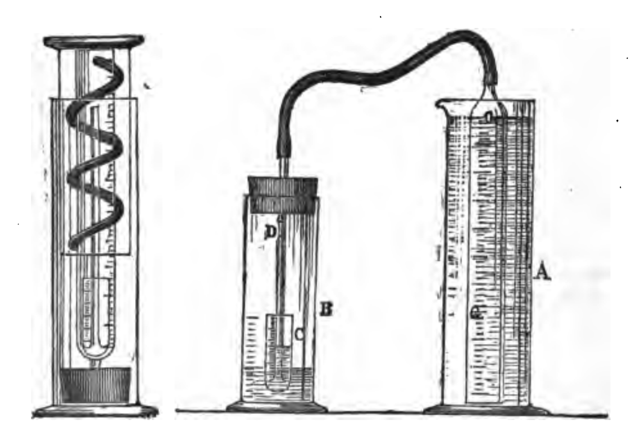


Fig. 35.

Nous recommandons de préférence le calcimètre Scheibler-Finkener dont la description et la figure se trouvent dans le Traité complet d'analyse chimique de Post, page 569, édition française de 1884. L'appareil de Noel (35) est aussi commode pour le dosage de l'acide carbonique. On remplit la cuve à eau A jusqu'à l'affleurement du *zéro* de la cloche graduée G, avec de l'eau saturée de sel marin pour ne pas dissoudre l'acide carbonique. On verse ensuite dans le mélangeur B 20 cc. d'acide chlorhydrique additionnés d'eau et l'on met dans le petit tube C, 1 gramme de calcaire; on raccorde au moyen d'un tube de caoutchouc les deux parties de l'appareil, puis on agite B de manière à faire pénétrer l'acide chlorhydrique sur le calcaire; la réaction terminée, on soulvèe la cloche jusqu'à coincidence des deux niveaux de l'eau salée et on lit le volume de l'acide carbonique dégagé.

Ramené à la température de O°C et à la pression de 760 mm, 1 cc.

de gaz carbonique pèse 0 gr. 0019774 et représente 0 gr. 004516 de $CaCO^3$.

Avec le volume de gaz, la hauteur barométrique et la température on calcule d'après la formule suivante :

$$P = \left(\frac{V(H - f)}{760\,(1 + 0{,}00367\,t)} \right) \times 0{,}0019774$$

le poids d'acide carbonique dégagé par la quantité de substance analysée.

Dans cette formule P est le poids d'acide carbonique, V le volume t la température au moment de l'expérience, H la hauteur barométrique, f la force élastique de la vapeur d'eau exprimée en millimètres de mercure ; 0.0019774 est le poids de 1 cc. d'acide carbonique à 0 et sous la pression 760 mm.

Dosage du sable et des matières organiques. — On père sur 5 gr. de l'échantillon que l'on attaque par HCl. On filtre sur un litre taré sans pli et ne laissant pas de cendres par l'incinération ; le résidu insoluble est lavé avec de l'eau chaude, puis desséché à 110°C et pesé. Le poids obtenu, diminué de celui du filtre, représente le sable et les matières organiques (résidu insoluble). Soit 0.21 le poids du filtre seul et 0 32, le poids du filtre et de l'insoluble. Poids de l'insoluble pour 5 gr. = 0.32 — 0.21 — 0 11. *Insoluble* ou sable et matières organiques 0/0 = 2.20 (A).

Il est bon de faire la filtration et le lavage dans un flacon jaugé à 250 cc. et de compléter le volume du liquide filtré avec de l'eau distillée pour l'employer aux dosages subséquents.

La matière insoluble désséchée à 110°C est brûlée au rouge dans le fourneau à moufle ; le poids restant représente le sable (silice et silicates) ; soit 0.093 ou 0.093 × 20 = 1.86 0/0 de sable.

Matières organiques. — La différence entre ce chiffre et (A) représente les matières organiques = 2.20 — 1.86 = 0.34 0/0.

Dosage de l'acide silicique soluble. — On évapore à siccité la moitié du liquide filtré de (A) pour chasser HCl et l'on dessèche le résidu à 110°C ; on le reprend par un peu d'eau et on le filtre sur un filtre taré sans plis. On le lave puis on le dessèche et on le pèse. On obtient ainsi l'acide silicique soluble. Soit 0 gr. 031, déduction du poids du filtre. Cela correspond à *Silice soluble* = 0.031 × 20 = 0.620/0.

Oxyde de fer et alumine. — Le liquide filtré dans l'opération précédente est additionné d'ammoniaque qui précipite ces deux bases ensemble. Le dépôt est lavé sur filtre taré, séché à 110°C et pesé. Oxyde de fer et alumine par 5 gr. = 0 gr. 064, déduction du poids du filtre ; d'où oxyde de fer et alumine 0/0 = 0.064 × 20 = 1.28. Il est inutile de doser ces deux bases séparément.

Chaux. — A l'autre moitié du liquide filtré de C on ajoute quelques

gouttes d'acide acétique et l'on précipite la chaux avec une solution d'oxalate d'ammoniaque. On porte à l'ébullition et on laisse reposer; on filtre ensuite le précipité et on lave, puis on le dose à l'état de sulfate de chaux en le calcinant au rouge avec H^2SO^4 (SO^3HO). Le poids de sulfate de chaux multiplié par 0.4118 = CaO, et multiplié par 0.735 = CO^3Ca.... (CaO,CO^2). Poids du sulfate de chaux pour 5 gr. = 6.152 et pour 100 gr. = 6.152 × 20 = 123. CaO 0/0 = 123 × 0.4118 = 50.65; CO^3Ca (CaO,CO^2) 0/0 = 122 × 0.738 = 90.40.

Le précipité d'oxalate de chaux peut être calciné au rouge-blanc dans le four Kréchel, marchant à l'aide du gaz et d'une soufflerie. En 5 minutes, l'oxalate de chaux est transformé en chaux caustique que l'on pèse.

Le précipité d'oxalate de chaux peut aussi être titré avec une solution à 1/10 de permanganate de potasse. On peut aussi déterminer la chaux indirectement avec le calcimètre Scheibler.

Magnésie. — Dans le liquide filtré de l'opération précédente, on précipite la magnésie à l'état de phosphate ammoniaco-magnésien par l'addition d'un peu d'ammoniapue, de chlorydrate d'ammoniaque, et de phosphate de soude. On lave le précipité à l'eau ammoniacale sur filtre sans plis ne donnant pas de cendre, puis on le calcine dans le four Kréchel pour le transformer en pyrophosphate de magnésie $Mg^2Ph^2O^7$.... ($2MgO,PHO^5$). Le poids de pyrophosphate multiplié par 0.3603 donne celui de la magnésie Soit 0 gr. 027 de pyrophosphate pour 5 gr. de calcaire.

Pyrophosphate 0/0 = 0.027 × 20 = 0.54 d'où

Magnésie pour 0/0 = 0.54 × 0.3603 = 0.191.

Carbonate de magnésie 0/0 = 0.194 × 2.1 = 0.407 ou 0.54 × 0.757 = 0 408.

On exprime toujours la magnésie en carbonate.

Sulfate de chaux. — On traite de nouveau 5 à 10 gr. de calcaire pulvérisé avec un peu d'acide chlorhydrique, on filtre le liquide, on lave le résidu jusqu'à ce que les eaux de lavage ne précipitent plus par le nitrate d'argent, puis on fait bouillir le liquide filtré pour chasser HCl; on ajoute ensuite du chlorure de baryum pour précipiter l'acide sulfurique à l'état de sulfate de baryte. Le poids de sulfate de baryte calciné multiplié par 0,3433 donne le poids d'acide sulfurique, et multiplié par 0.581 donne le sulfate de chaux. Soit, sulfate de baryte pour 10 gr. = 0 gr. 031 ou 31 0/0. Acide sulfurique 0/0 = 0.31 × 0.3433 = 0.106, et sulfate de chaux 0/0 = 0.31 × 581 = 0.180. Un bon calcaire ne doit pas contenir plus de 0.1 à 0.2 de SO^4Ca.

Dosage des alcalis. — On dissout dans un peu d'acide chlorhydrique 10 gr. de matière à analyser et, avant filtration, on y ajoute du carbonate d'ammoniaque pour précipiter la chaux, etc., puis on filtre. On évapore à siccité le liquide filtré et on redissout le résidu dans

un peu d'eau ; on filtre sur capsule de platine et on évapore une seconde fois. On pèse le résidu. on le dissout de nouveau et on titre le chlore avec une solution 1/10 normale de nitrate d'argent (en employant le chromate de potasse comme indicateur). Du poids du résidu on diminue celui du chlore, et l'on obtient le poids d'alcalis. potasse et soude.

La potasse et la soude, à l'état de carbonates et surtout de chlorures constituent les cendres de sucre. Soit, 0.117 0/0.

Remarque. — L'acide carbonique afférent à la chaux, plus l'acide carbonique afférent à la magnésie doivent égaler l'acide carbonique total dosé directement.

Ainsi, nous avons trouvé : acide carbonique total dosé.	39.840
Acide carbonique afférent à 50.42 de chaux..............	39.623
— — — 0.195 de magnésie...........	0.213
Total.......	39.836

quantité concordant aussi exactement que possible avec celle indiquée par l'analyse.

Pour calculer le carbonate de chaux, il y a lieu de retrancher de la chaux totale dosée, celle qui est afférente au sulfate de chaux ; mais ordinairement la proportion en est insignifiante, comme dans notre exemple.

Observation. — La plupart du temps, l'on se contente, pour l'analyse des calcaires, de déterminer l'eau et l'acide cardonique. De la quantité d'acide carbonique, on déduit celle du carbonate de chaux.

Résumé :

Carbonate de chaux.	CO^2 39.623 CaO 50.420	90.013
Carbonate de magnésie................	CO^2 0.213 MgO 0.194	0.407
Alcalis formant les cendres de sucre..	Na^2O K^2O	0.117
Corps constituant les incrustations......	SO^4Ca.... ($CaO.SO^3$)..........	0.180
	$Al^2O^3 + Fe^2O^3$.................	1.280
	SiO^2.... (SiO^3) soluble.........	0.620
	Sable..........................	1.860
	Matiéres organiques...........	0.340
	Eau..........................	4.350
	Corps non dosés................	0.803
	Total............	100.000

Coke.

Le coke est le résidu de la distillation de la houille.

On se contente généralement de doser l'eau et les cendres.

Eau. — La proportion d'eau ne doit pas dépasser 4 0/0. Si elle est supérieure, on fait subir au prix une réfaction variant de 0 fr. 25 à 0 fr. 50 par unité d'eau en plus. Mais le bon coke ne renferme pas plus de 4 0/0 d'eau. Le coke étant très poreux renferme quelquefois de grandes quantités d'eau dont la présence n'est trahie par aucun signe extérieur. Il est donc très important de faire ce dosage.

Cendres. — La proportion de cendres est très variable d'un coke à l'autre, elle va de 2 à 16 0/0. Le coke destiné au four à chaux ne doit pas contenir plus de 3 à 7 0/0 de cendres.

Soufre. — Le coke destiné au four à chaux doit être aussi exempt que possible de *soufre* qui se convertit en sulfate de chaux, hydrogène sulfuré, acide sulfureux, etc., tous produits généralement très nuisibles dans la fabrication du sucre.

Un bon coke ne doit pas contenir plus de 0.1 à 0.2 0/0 de sou,re.

L'analyse du coke se faisant exactement comme celle de la houille, nous renvoyons à ce dernier produit.

Houille.

La composition des houilles est très variable. Nous donnons ici un tableau de la composition moyenne de principaux combustibles pour servir de terme de comparaison.

Composition des Houilles.

	Anthracite.	Houille grasse.	Houille demi-grasse	Houille maigre.
Carbonne	85	78	75	69
Hydrogène	3	4	4	4
Eau chimiq. combinée	2	8	11	18
Eau hygroscopique	5	5	5	5
Cendres	5	5	5	5
Effet colorifique absolu	0.96	0.93	0.89	0.79
— — spécifique	1.41	1.17	1.16	1.06
— — pyrométrique	2350°	2300°	2250°	2100°
Une partie échauffe de 0 à 100° eau	60 à 74	53 à 72	44 à 61	50 à 71
Poids spécifique	1.41	1.15 à 1.26	1.13 à 1.30	1.34 à 2.05

Dosage de l'eau. — On prépare un échantillon moyen à l'aide d'un grand nombre de fragments que l'on broie.

Sur la poudre on prélève 5 gr. que l'on dessèche à l'étuve à 110° pendant 3 ou 4 heures. La perte du poids multipliée par 20 = l'eau. Soit *Eau* 0/0 = 2.10.

Dosage des cendres. — On incinère 5 gr. de matière dans une capsule de platine au rouge blanc et l'on pèse :

Poids des cendres pour 5 gr. = 0.381
— — 0/0 = 0.381 × 20 = 7.62.

Dosage du charbon. — On pèse *un* gramme de charbon que l'on mélange intimement avec 40 à 50 gr, de litharge pure (PbO) et que l'on met dans un creuset ; le mélange est couvert de 20 à 25 gr. de litharge et introduit dans le fourneau à moufle préalablement porté au rouge. Le charbon brûle aux dépens de l'oxygène de l'oxyde de plomb et par conséquent réduit une quantité correspondante de plomb. Au bout de trois quarts d'heure, une heure, l'opération est terminée, on retire le creuset que l'on laisse refroidir ; on le casse, on retire le culot de plomb que l'on pèse après enlèvement de la litharge adhérente. Si c'est nécessaire on enlève les dernières portions de litharge par dissolution dans l'acide acétique. Soit 28 gr. le poids du culot de plomb ; 1 gr. de carbone pur réduisant 34 gr. de plomb, le poids du plomb multiplié par 2.941 = le poids du charbon 0/0.

Charbon 0/0 = 28 × 2.941 = 82.35.

Puissance calorifique. — Comme une partie de carbone réduit 34 parties de plomb, 1 partie de plomb correspond pour le carbone à $\frac{800}{34}$ = 235 calories Donc 235 × 28 = 6580 calories.

Dosage du soufre. — (*a*) *Méthode à l'eau régale.* — On opère sur 1 gr., 5 gr., ou 10 gr. de matière pulvérisée suivant richesse présumée en soufre.

On attaque dans un ballon de 100 cc. par 40 cc. d'acide chlorhydrique et 20 cc. d'acide nitrique. Après un repos de 12 à 24 heures on chauffe, on filtre, on lave à l'eau chaude. Quand les eaux de lavage ne précipitent plus le nitrate d'argent, on ajoute dans le liquide filtré, goutte à goutte, une dissolution de chlorure de baryum en léger excès. On chauffe pour rassembler le précipité de sulfate de baryte, on le recueille sur un filtre taré, on le lave et on le pèse.

Le sulfate de baryte (moins le poids du filtre) multiplié par 0.137 = le poids du soufre.

Soit 0 gr. 51 le poids du sulfate de baryte pour 10 gr. de charbon.

On a 5.10 sulfate de baryte pour 100 de charbon.

Soufre 0/0 = 5.10 × 0.437 = 0.698.

b) *Méthode au chlorate de potasse.* — On fait bouillir 2 gr. à 10 gr. de matière finement pulvérisée avec 20 gr. de chlorate de potasse, 100 cc. d'acide chlorhydrique et 200 gr. d'eau. On évapore à sec, on reprend par HCl et on dose SO^3 dans le liquide filtré, comme ci-dessus.

c) *Méthode au brôme.* — On fait digérer 2 à 10 gr. de coke dans 100 cc. d'une solution saturée de brôme dans l'acide chlorhydrique concentré. On chauffe, on évapore et on reprend comme ci-dessus par HCl. Lorsqu'on emploie l'eau régale à la place de brôme, les résultats sont un peu trop élevés.

d) Les trois méthodes ci-dessus ne donnent que le soufre combiné aux métaux, à l'état de sulfures. Pour obtenir le soufre total, on fond 1 gr. de matière avec un mélange bien sec de 16 parties chlorure de sodium, 8 parties nitrate de potasse et 4 parties carbonate de soude. On reprend par HCl, on évapore à sec, on filtre et on dose l'acide sulfurique par le chlorure de baryum, comme ci-dessus.

Essai des noirs.

On peut avoir à analyser des noirs neufs et des noirs revivifiés.

Nous commencerons par les noirs *neufs* dans lesquels on peut déterminer:

1° Le poids de l'hectolitre ; 2° l'état physique ; 3° l'humidité ; 4° le charbon azoté; 5° les sels solubles dans l'eau ; 6° le résidu insoluble dans les acides ; 7° le phosphate de chaux ; 8° le carbonate de chaux ; 9° le sulfate de chaux ; 10° la silice, l'alumine et l'oxyde de fer ; 11° l'azote.

Poids de l'hectolitre. — On mesure exactement un litre de noir dans une mesure en fer blanc, et on le pese. Un bon noir pèse de 60 à 70 kil. à l'hectolitre.

Pour une teneur en humidité et une grosseur de grains égales, le meilleur noir sera le plus léger.

En représentant par 100 le poids d'un bon noir neuf, celui d'un noir en travail, de bonne qualité, ne doit pas dépasser 123. A 147 il est de mauvaise qualité, et à 150 il est hors d'usage.

Le poids spécifique du noir augmente avec l'usage, parce que les parties les plus poreuses, c'est-à-dire les plus légères, se détruisent par les manipulations, et que les autres s'incrustent de chaux.

Les bons noirs neufs doivent être spongieux, d'un noir mat, velouté, happer fortement à la langue.

Une teinte rousse indique une cuisson imparfaite ; une teinte grise, une cuisson où l'air est intervenu ; une teinte blanche, une cuisson trop forte.

Humidité. — On dose l'eau sur 5 ou 10 gr. de noir, finement pulvérité. Il faut chauffer au moins 2 heures à l'étuve à 150° C.

La teneur en humidité au moment de la livrai on ne doit pas dépasser 6 0/0. Passé cette limite. on fait subir une réfaction.

Le noir étant très hygroscopique absorbe quelquefois beaucoup d'eau et en contient jusqu'à 20 0/0 sans que rien extérieurement en trahisse la présence.

Charbon azoté. — On incinère au rouge sombre dans une capsule de platine 5 gr. de noir finement pulvérisé. La perte de poids représente le charbon azoté et les matières organiques. Comme ces dernières sont en proportion très faible, on est convenu de prendre pour le charbon azoté la perte de poids déterminée par l'incinération. On ne doit pas dépasser le rouge sombre, autrement on s'expose à décomposer le carbonate de chaux. Si la calcination avait été poussée trop loin, on humecterait les cendres avec un peu de carbonate d'ammoniaque, puis on dessècherait à l'étuve avant de peser.

Le noir neuf contient de 9 à 11 0/0 de charbon azoté.

Azote. — Il est assez inutile de doser l'azote. Dans tous les cas on le dose par la chaux sodée (voir analyse des engrais). Le noir neuf contient de 0.9 à 1.10 0/0 d'azote.

Sels solubles dans l'eau. — Les cendres provenant de la détermination du charbon azoté sont lessivées complètement à l'eau distillée bouillante sur un petit filtre ne donnant pas de cendres. Après lavage, on les dessèche à l'étuve, puis on les calcine à la mo fle. La perte de poids représente les ***sels solubles.*** Soit 1 0/0.

Résidus insolubles dans les acides. — On attaque, dans une capsule de porcelaine, par l'acide azotique ou l'acide chlorhydrique dilué, les cendres de 5 gr. de noir. Ensuite on filtre, on lave à l'eau bouillante, on dessèche, on calcine et on pèse. Le poids constaté représente les ***matières insolubles dans les acides,*** c'est-à-dire le sable et l'argile. Soit 1.80 0/0.

Phosphate de chaux. — (Voir dosage de l'acide phosphorique dans les engrais).

Carbonate de chaux. — (Voir analyse des calcaires).

Silice, alumine et *oxyde de fer.* — (Comme pour l'analyse des calcaires).

Examen du noir au point de vue de sa revivification. — On fait bouillir pendant 2 ou 3 minutes 100 gr. de noir revivifié avec 100 cc. de lessive de soude à 5° Baumé. On filtre, non sur un filtre en papier que brunirait la soude, mais sur un tampon d'amiante placé dans un entonnoir et on examine la couleur du liquide dans un tube à essai.

Une couleur jaune pâle très claire indique bonne revivification.

— — foncée ou brune indique revivification insuffisante.

Incolore ou verdâtre indique revivification trop poussée.

On doit faire cet essai tous les jours.

On revivifie souvent le noir à l'acide chlorhydrique avant de le soumettre à la cuisson.

Pour déterminer la quantité d'acide chlorhydrique à employer on dose le carbonate de chaux, soit 13 0/0.

Le noir neuf contenant environ 8 0/0 de carbonate de chaux, notre noir en service en contient donc 5 0/0 en trop qu'il faut éliminer par l'acide chlorhydrique.

Or, pour éliminer 1 de carbonate de chaux, il faut 0.73 d'acide chlorhydrique pur. L'acide chlorhydrique à 23° Baumé contenant 38.498 0/0 de HCl pur, il en faudra employer 1.89 pour 1 de carbonate.

La table 55 de Scheibler indique immédiatement la quantité d'acide chlorhydrique d'une concentration donnée qu'il faut employer pour éliminer depuis 1 jusqu'à 9 de carbonate de chaux.

On étend l'acide d'eau de manière à ce que sa densité ne dépasse pas 2° Baumé.

Résidus de noirs. — Noir de blutage. — Noir de lavage. Superphosphates.

Les noirs de blutage et de lavage servent à la fabrication des superphosphates.

On dose dans ces noirs *l'umidité*, *le carbonate de chaux* et le *phosphate de chaux* (*voir plus haut*), et l'on déduit des résultats obtenus la quantité d'acide sulfurique qu'il faut employer pour les transformer en superphosphates. Soit un noir de blutage qui a donné à l'analyse :

Eau			3.20
Carbonate de chaux		CO^2	7.204
		CaO	9.166
Phosphate de chaux ($3CaO,PhO^5$)...	PhO^4Ca^3=71.191 dont	Ph^2O^4	33.152
		CaO	38.039

Il faut employer une quantité d'acide sulfurique telle qu'elle soit suffisante pour décomposer 1° tout le carbonate, 2° pour neutraliser deux équivalents de chaux du phosphate tribasique, soit 9.169 de chaux du carbonate et $\frac{38.039 \times 2}{3} = 25.359$ du phosphate.

Total 34k,528 de CaO.

Or d'après les équivalents de la chaux et de l'acide sulfurique monohydraté, pour neutraliser 34k.528 de chaux il faut $\frac{49 \times 34,528}{28}$ = 60 k. 221 d'acide à 66°.

Telle est la quantité théorique d'acide à 66° à employer.

Mais en pratique il est bon d'augmenter cette dose de 1 k. ou 2.

De plus pour obtenir un bon mélange et favoriser l'attaque, il faut ajouter à cet acide 32 litres d'eau. On peut remplacer les 65 k. d'acide à 66° par 97 k. d'acide à 53°, et dans ce dernier cas, il n'y a pas d'eau à y ajouter.

Gaz du four à chaux

En sucrerie on se sert communément de trois appareils pour l'analyse du gaz du four à chaux.

a. *Carbonimètre Stammer.* — Cet appareil n'est autre chose qu'une burette de Mohr à robinet, de 50 cc. et à graduation renversée. Après avoir rempli d'eau l'appareil on le renverse dans un seau plein d'eau. On met sa partie supérieure effilée en communication avec le tuyau de refoulement de la soufflerie, au moyen d'un tube en caoutchouc, puis on ouvre le robinet qui donne passage à l'acide carbonique. Quand le courant gazeux a été assez prolongé, on enlève le tube de caoutchouc, on ferme le robinet et on amène le zéro de la graduation au niveau du liquide extérieur; puis on ouvre un instant légèrement le robinet pour faire remonter l'eau dans le tube jusqu'au zéro, on y introduit ensuite une pastille de potasse, puis bouchant l'extérieur du tube avec le doigt ou la paume de la main, on agite l'appareil jusqu'à dissolution complète de la potasse et absorption de l'acide carbonique; on ouvre ensuite le tube sous l'eau en faisant coïncider le niveau intérieur avec le niveau extérieur du liquide. Le nombre de degrés lus multiplié par 2 donne la richesse centésimale du gaz en *acide carbonique.* Si les niveaux du liquide affleurent à la division 14 cc. le gaz contient 28 0/0 d'acide carbonique.

Avant de faire la lecture définitive, il est bon de s'assurer par deux lectures successives faites chaque fois après une agitation prolongée, que le niveau du liquide dans l'appareil ne monte plus.

On dose l'*oxyde de carbone* sur un nouvel échantillon de gaz, en introduisant dans le tube une boulette de papier à filtrer imbibée d'une solution acide de chlorure de cuivre. Il faut avoir soin de changer complètement l'eau du vase

b. *Carbonymètre Raffy.* — Le carbonmètre Raffy se compose essentiellement d'une éprouvette graduée de 0 à 100° munie à sa partie supérieure d'une douille en cuivre portant un robinet à deux voies

par lesquelles ont introduit le gaz et les réactifs. Le maniement de cet instrument est un peu plus facile que celui du carbonimètre Stammer.

c. *Appareil Orsat.* — Cet appareil est beaucoup plus commode que les deux autres et permet de doser très rapidement l'*acide carbonique*, l'*oxygène* et l'*oxyde de carbone* en supprimant toutes les manipulations ennuyeuses des liquides.

L'absorption des gaz se fait automatiquement dans des cloches-laboratoires contenant les réactifs : soude pour l'absorption de l'acide carbonique ; protochlorure de cuivre ammoniacal pour l'oxyde de carbone, et pyrogallate de potasse pour l'oxygène.

Voici la description de cet appareil (fig. 36) :

G est un flacon contenant de l'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique, qui lui enlève la propriété de dissoudre l'acide carbonique. Ce flacon communique au moyen d'un tube en caoutchouc L, avec la partie inférieure du mesureur M, qui est lui-même renfermé dans un manchon de verre rempli d'eau, afin que les volumes soient toujours pris à la même température. L'extrémité supérieure du mesureur est reliée à un tube horizontal TT' en verre, portant un robinet R, ainsi que trois tubulures verticales munies de trois robinets *i*, *j*, *k*. Ces tubulures sont reliées par des tubes de caoutchouc aux extrémités supérieures des pièces de verre A, B, C, nommées laboratoires, tandis que leurs prolongements inférieurs plongent dans les liquides que contiennent les flacons D, E, F. Tous les joints des diverses parties de l'appareil sont rendus hermétiques au moyen de ligatures en fil d'archal ; les ouvertures *d*, *e*, *f*, des flacons sont fermées par des bouchons de caoutchouc.

L'appareil est mis en communication avec l'espace contenant les gaz à analyser par l'intermédiaire d'un tube en caoutchouc V, qui se fixe à l'extrémité du tube de verre. Enfin, un soufflet S, disposé sur la paroi de la boîte et communiquant avec le tube de verre par le robinet *r*, permet d'extraire l'air de la conduite.

Les liquides renfermés dans les flacons D, E, F, sont introduits par les tubulures *d*, *e*, *f*. Il est inutile de dire que ces réactifs doivent être appropriés à la nature des gaz que l'on veut doser.

Dans l'étude des foyers industriels et des fours à chaux, on se préoccupe de connaître les proportions de l'acide carbonique, de l'oxyde de carbone et de l'oxygène. Pour ce cas, on fait usage d'une lessive de soude comme absorbant de l'acide carbonique, d'une dissolution de pyrogallate de potasse pour absorber l'oxygène, et d'une dissolution de protochlorure de cuivre ammoniacal pour séparer l'oxyde de carbone.

Comme dernier détail, nous ajouterons que les laboratoires A et B renferment un grand nombre de tubes de verre qui sont mouillés

par les dissolutions, afin de multiplier l'étendue des surfaces de contact des réactifs et des gaz, et de hâter autant que possible l'absorption de ces derniers.

Le laboratoire C contient un rouleau de toile de cuivre rouge qui, en se dissolvant dans le chlorhydrate d'ammoniaque, donne lieu à la production du protochlorure de cuivre et à la régénération de ce réactif. Le pyrogallate de potasse et le chlorure de cuivre ammoniacal absorbant l'oxygène, il ne faut pas laisser ces produits en contact avec l'air qui remplit les flacons E, F. Dans ce but on recouvre les liquides d'une couche de 1 centimètre environ d'épaisseur d'huile de pétrole. Mais il faut éviter, dans les manipulations, d'en faire passer dans les cloches à absorption

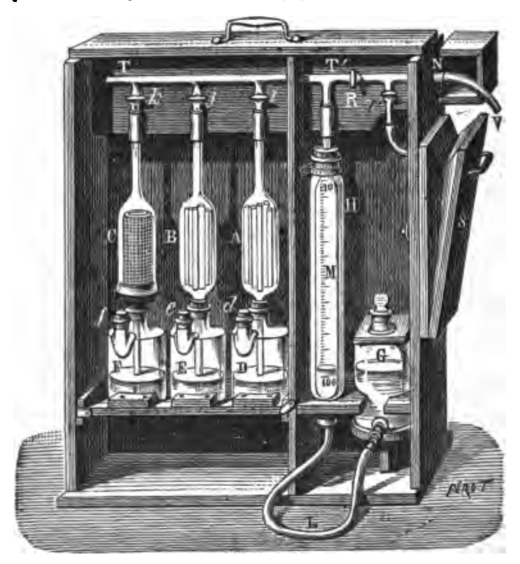


Fig. 36.

Voici maintenant comment on procède à une analyse. Le robinet R étant ouvert de façon à mettre l'appareil en communication avec l'atmosphère, on élève l'aspirateur G. L'eau acidulée vient remplir le mesureur en chassant l'air qui s'y trouve. On ferme alors les ro-

binets R, *i* et *j*, on ouvre le robinet *k*, et l'on enlève le bouchon *f*. En abaissant le flacon G, on produit une aspiration de l'air contenu dans le laboratoire C, qui se remplit du liquide contenu dans le flacon F. On amène le niveau du liquide jusqu'au trait de repère gravé sur le tube étroit qui surmonte le laboratoire, puis on ferme le robinet *k*. On ouvre ensuite le robinet R et, en élevant l'aspirateur, on emplit de nouveau le mesureur; puis, refermant le robinet R, on ouvre *j*, on retire *e*, et l'on aspire dans le laboratoire B le liquide du flacon E. En répétant une troisième fois les mêmes manœuvres, on fait passer le liquide du flacon D dans le laboratoire A.

On ouvre de nouveau le robinet R, puis on élève l'aspirateur de manière à remplir le mesureur jusqu'au trait supérieur marquant l'origine de la graduation ; on referme le robinet R, puis on établit, par la tubulure N, comme l'indique le dessin, la communication de l'appareil avec l'espace contenant le gaz à analyser. On ouvre le robinet *r* et, faisant fonctionner le soufflet, on aspire dans le tube V que l'on purge ainsi de l'air ou des gaz provenant d'une opération précédente. Après quelques instants, on est certain que la conduite V est entièrement remplie par les gaz à analyser; on ferme alors le robinet *r* et l'on ouvre R, de manière à faire communiquer les tubes T et V et à isoler le soufflet. L'eau s'écoule dans l'aspirateur pendant que le tube mesureur se remplit de gaz, et, lorsqu'elle est revenue au même niveau de part et d'autre, on ferme le robinet R pour séparer l'appareil de la conduite et du soufflet, puis on s'assure que le volume du gaz sur lequel va porter l'analyse occupe bien 100 parties du tube M.

On ouvre le robinet *i* et l'on élève le flacon G ; l'eau chasse le gaz dans le laboratoire A, qui renferme une lessive de soude. Le faisceau de tubes de verre multipliant les pointes de contact, l'acide carbonique est absorbé ; on abaisse l'aspirateur, le gaz revient dans le mesureur, et le laboratoire A se remplit de lessive : on ramène celle-ci jusqu'au trait de repère, puis on ferme le robinet *i*. On place le flacon G de manière que l'eau y soit au même niveau que dans le mesureur, afin que le gaz se trouve à la pression atmosphérique ; on lit alors le volume occupé, et la différence entre la lecture faite avant l'absorption et celle que l'on a faite après donne le volume du gaz carbonique qui a été retenu par la soude.

On ouvre le robinet *j*, et, en opérant de la même manière dans le laboratoire B, qui renferme une dissolution de pyrogallate de potasse, on trouve le volume de l'oxygène absorbé.

Enfin, on répète les mêmes manipulations dans le laboratoire C, qui est rempli d'une solution de protochlorure de cuivre ammoniacal, et l'on obtient de la même manière le volume de l'oxyde de carbone. S'il reste, après ces trois absorptions, du gaz non dissous, son

volume représente l'azote qui ne pouvait être retenu par aucun des réactifs précédents.

Pour que les absorptions soient complètes, il est indispensable de laver plusieurs fois les gaz dans chaque laboratoire. On ne passe d'un dosage à l'autre que si deux lectures consécutives sont indentiques.

La lessive de soude qui doit être employée dans l'appareil pèse 36° Baumé. L'absorption de l'acide carbonique est d'autant plus rapide que la concentration de la lessive est plus grande : il faut donc remplacer le liquide du flacon D quand la réaction devient trop lente, c'est-à-dire lorsque la plus grande partie de l'alcali a été transformée en carbonate.

La dissolution de potasse est à la même concentration que celle de soude. Il convient de n'ajouter l'acide pyrogallique qu'au moment de l'expérience, en proportionnant la quantité au volume d'oxygène à absorber.

Le protochlorure de cuivre ammoniacal est obtenu par la dissolution de la toile de cuivre dans une dissolution de sel ammoniac dans l'ammoniaque.

Le protochlorure de cuivre jouit de la propriété d'absorber également l'oxygène. Pour que la dernière réaction indiquée représente exactement l'oxyde de carbone, il est donc nécessaire qu'il ne reste pas d'oxygène non absorbé par le pyrogallate de potasse.

La régénération du protochlorure de cuivre ammoniacal étant assez lente, il y a quelquefois avantage à remplacer ce produit par le protochlorure acide qui jouit aussi de la propriété d'absorber l'oxyde de carbone.

d. *Appareil Sidersky*, fig. 37. — Il est une modification de celui de Scheibler. Il ne peut doser que l'acide carbonique.

Le gaz à analyser arrive par le tuyau en caoutchouc *g* dans le cylindre en verre A qui comprend un volume de 100 centimètres cubes entre les deux traits marqués par 0 et 100. Ce cylindre a été préalablement rempli d'eau qui, par suite de l'arrivée du gaz, s'écoule dans la bouteille de Woolf. E.

Quand le niveau de l'eau s'est abaissé dans le cylindre A jusqu'à la marque zéro, on ferme le robinet *p* et on ouvre les robinets *r* et *s* de manière à ramener le gaz à la pression ordinaire. Puis on ferme le robinet *s* et on fait rentrer l'eau dans le cylindre A en pressant le ballon en caoutchouc F. Le gaz traverse alors les deux éprouvettes D et D' remplies en partie d'une solution de potasse caustique et passe dans le cylindre en verre B. Ce cylindre est gradué en 100 centimètres cubes de façon que chaque division de l'échelle correspond au volume de 1 centimètre cube, il communique avec un autre cylindre en verre C. A mesure que le gaz privé d'acide carbonique

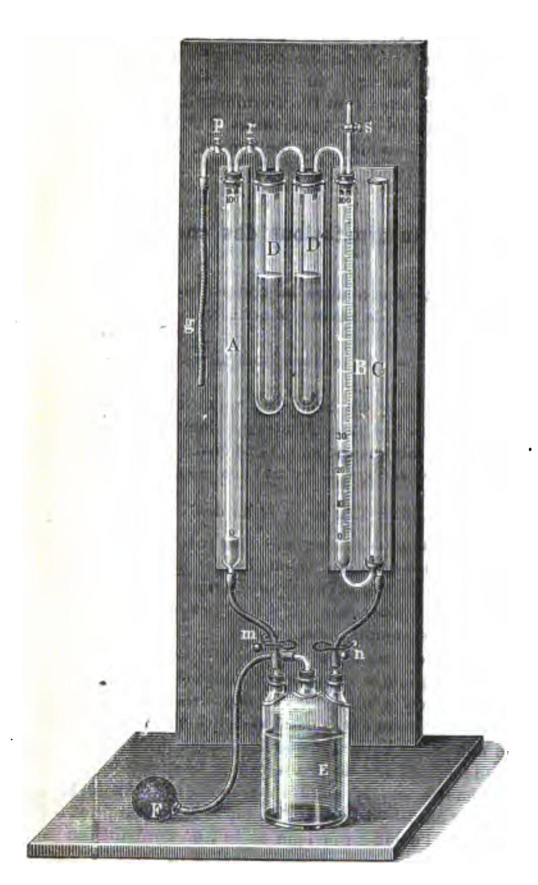


Fig. 37.

entre dans le cylindre B, on fait écouler l'eau dans la bouteille de Woolf, E. de manière à maintenir le même niveau dans les deux cylindres B et C. Quand toute l'eau est remontée au trait 100 du cylindre A, on lit sur l échelle du cylindre B le volume de l'eau qui est restée, lequel est égal au volume de l'acide carbonique absorbé dans les éprouvettes D et D'. Dernièrement Sidersky a modifié un peu la disposition des éprouvettes D et D' dans le but de pouvoir les remplir et les vider plus facilement.

Dépôts ou inscrustations des chaudières.

Il est très important de connaître la composition du dépôt formé dans les générateurs afin de savoir ce qu'il faut faire pour les empêcher.

Acide carbonique. — On le dose comme dans les calcaires ou dans le noir.

Matières organiques. — On brûle une quantité connue, 5 gr. du dépôt, dans une capsule de platine et l'on détermine le poids des cendres, soit 3.50, on fait ensuite sur les cendres le dosage de l'acide carbonique dont on retranche le poids des cendres, soit 0g.20 de CO^2.

$$3.50 - 0.20 = 3.30 = \text{le poids des cendres.}$$

D'où matières organiques réelles 5 — 3.50 = 1.70, et pour 100 = 34.

Pour les autres dosages on prend 10 gr. de matière que l'on dissout à l'ébullition dans l'acide chlorhydrique. Quand la dissolution est complète on filtre sur un filtre taré et on lave à l'eau bouillante. On pèse le résidu désséché.

Le liquide filtré et les eaux de lavage sont portés au volume de 1 litre sur lequel on prélève la quantité nécessaire pour le dosage du fer, de l'alumine, de la chaux, de la magnésie[1].

Quand le résidu est considérable, c'est-à-dire s'il contient beaucoup de sulfate de chaux, on en fond dans un creuset 1 gr. avec 5 à 6 gr. de carbonate de soude afin de transformer le sulfate de chaux en carbonate de chaux et en sulfate de soude. On traite la masse fondue par l'acide chlorhydrique et l'on porte le liquide filtré à 1 litre. Sur 300 cc. on dose l'acide sulfurique en le transformant en sulfate de baryte.

(1) Voir à l'analyse des calcaires.

Gaz d'éclairage.

L'analyse quantitative du gaz d'éclairage est assez compliquée et exige certains appareils que l'on ne possède généralement pas dans les laboratoires de sucrerie et de distillerie.

Nous nous bornerons à indiquer sommairement les essais qualificatifs auxquels il suffit presque toujours de le soumettre.

On peut se convaincre de la présence de l'*ammoniaque* en faisant passer pendant une demi-heure un courant de gaz dans une éprouvette à pied remplie d'eau teintée de quelques gouttes de tournesol légèrement rougi qui dans ce cas ne tarde pas à virer au bleu.

La présence de l'*acide carbonique* se constate en faisant passer le gaz dans une éprouvette à pied remplie d'eau de chaux ou d'une solution de chlorure de calcium aiguisée d'ammoniaque. Le gaz carbonique précipite la chaux à l'état de carbonate. L'acide carbonique allonge la flamme du gaz.

Pour constater la présence de l'*acide sulfurique* on fait passer pendant 5 minutes le gaz dans une solution d'acétate de plomb. Il se produit un précipité noir de sulfure de plomb.

Minium.

Le minium est une combinaison de protoxide de plomb (*litharge*) et de bioxyde de plomb (acide plombique ou oxyde pur).

Il est quelquefois falsifié avec des substances terreuses, de la brique pilée, de l'ocre rouge, du colcothar (sesquioxide de fer).

Il est facile de séparer ces impuretés et d'en déterminer la proportion. Pour cela on fait bouillir un poids connu, 11 gr. par exemple, de minium, dans de l'eau sucrée additionnée d'acide azotique. Le bioxyde de plomb se transforme en protoxide qui se dissout entièrement ; on filtre, on lave et on pèse les impuretés restées sur le filtre.

Pour découvrir l'*oxyde de cuivre* et le *peroxyde de fer*, on traite le minium par l'acide sulfuriqne étendu, puis on ajoute de l'ammoniaque ; en présence du cuivre le liquide se colore en bleu, tandis que le fer est précipité sous forme d'hydrate.

Si l'on veut déterminer la quantité de fer contenu dans le minium, on le précipite par l'ammoniaque.

Évaluation de l'état d'oxydation du plomb dans un minium.

On dessèche à 110°C l'échantillon pour évaluer l'eau ; puis on calcine ce même échantillon dans un creuset ouvert. La perte de poids

indique la quantité d'oxygène provenant du peroxyde de plomb contenu dans le minium. Les bonnes sortes perdent par calcination 2.4 à 2.6 0/0 d'oxygène, les mauvaises, moins, et quelquefois pas plus de 1.30 0/0.

Céruse.

La céruse est un mélange de carbonate et d'oxyde de plomb.

Elle est souvent falsifiée par du sulfate de baryte, du carbonate de baryte, du sulfate de plomb, du kaolin, du sulfate de chaux, du carbonate de chaux et quelquefois par du blanc de zinc (Zn O).

Essais : on soumet un échantillon à la calcination ; la perte du poids indique l'eau et l'acide carbonique.

Sur un autre échantillon on dose l'acide carbonique (voir analyse des calcaires) ; la différence donne l'eau.

La céruse pure se dissous entièrement dans l'acide azotique ; s'il y a un résidu, on peut conclure à une falsification avec du sulfate de baryte, du sulfate de plomb ou du plâtre. On filtre le résidu et on le pèse pour connaître le tant pour 100.

Il est facile de déterminer la nature du résidu : s'il noircit en l'humectant avec du sulfhydrate d'ammoniaque, c'est du *sulfate de plomb*, si l'extrait aqueux est troublé par le chlorure de baryum et l'oxalate d'ammoniaque, c'est du *plâtre* ; on fait digérer le résidu avec une solution de carbonate de soude et de sulfate de soude qui transforme les sulfates de plomb et de chaux en carbonates lesquels sont dissous par l'acide azotique ; c'est du *spath pesant* $BaSO^4$.... ($BaO.SO^3$).

On reconnaît le zinc en ajoutant dans le liquide filtré un léger excès de sulfhydrate d'ammoniaque qui forme un précipité blanc de ZnS si ce métal existe dans la céruse. Si on veut doser le zinc, on continue à ajouter du sulfhydrate d'ammoniaque pour compléter la précipitation du Zn S que l'on recueille.

En traitant une autre portion de la liqueur par l'oxalate d'ammoniaque et l'ammoniaque, on précipite la chaux à l'état d'oxalate de chaux, si la céruse contient du carbonate de chaux. On dose aussi quelquefois la proportion d'huile dans la céruse.

Pour cela on en épuise 10 gr. avec du sulfure de carbone ; on évapore ensuite le sulfure de carbone, et on pèse l'huile.

CHAPITRE XI

Réactifs et liqueurs titrées.

— RÉACTIFS.

Eau distillée

En sucrerie on emploie souvent l'eau provenant de la condensation des vapeurs d'ébullition des jus dans le triple effet, et qu'on appelle *eau ammoniacale*, à cause d'une certaine quantité d'ammoniaque, environ 1 gr. par litre, quelle contient toujours.

Pour l'employer à la confection des liqueurs titrées, il est nécessaire d'en expulser préalablement l'ammoniaque ; par une ébullition prolongée.

L'eau distillée pure, évaporée dans une capsule de platine, ne doit laisser aucun résidu. Elle ne doit précipiter ni par le nitrate d'argent (présence de chlorures), ni par le chlorure de baryum (sulfates), ni par la liqueur de Nessler (ammoniaque), elle doit marquer 0 degré hydrotimétrique.

Alcool.

$C^4A^6O^2 \ldots C^2H^6O$

On en examine le degré avec l'alcoomètre centésimal de Gay-Lussac. On peut se convaincre de sa pureté par l'odeur et par sa réaction neutre sur le papier de tournesol sensible.

Acide oxalique.

$C^4H^4O^8 + \ldots C^2H^2O^4.$

.acide oxalique pur doit brûler, sans laisser de résidu, dans une ..psule de platine, au-dessus d'un bec Bunsen.

Pour purifier l'acide du commerce, on le dissout dans très peu d'eau chaude ; par refroidissement il cristallise. On sèche les cristaux entre deux feuilles de papier buvard. On peut recommencer l'opération deux ou trois fois.

Potasse caustique.

KO...K^2O

La potasse pure dissoute dans la proportion de 10 gr. pour 100 cc. doit donner une densité de 1.15. La solution doit être libre d'*acide carbonique* (que l'on reconnait à l'ffervescence qu'il produit en y ajoutant HCl). La même solution saturée par HCl ne doit pas se troubler par l'ammoniaque (*aluminate*). Elle doit se dissoudre dans l'eau sans résidus (*sels de chaux*).

Soude caustique.

NaO...Na^2O

Mémes essais que pour la potasse. En y ajoutant du sulfure d'ammonium, la solution ne doit pas se colorer en noir (*présence du fer*).

Eau de chaux.

On la prépare avec de la chaux récemment éteinte. Pour celà on en traite 20 à 30 gr par 1 litre d'eau distillée, en agitant à plusieurs reprises. L'eau se sature de chaux et dissout les sels ou oxydes de potassium, sodium, strontium, magnésium, contenus dans la chaux.

Quand le traitement a duré une journée, on décante et on rejette l'eau que l'on remplace par une nouvelle quantité d'eau distillée.

On répète deux ou trois fois cette opération qui a pour but d'entraîner toutes les impuretés solubles de la chaux. On verse ensuite une dernière fois sur l'hydrate de chaux 1 litre d'eau distillée que l'on maintient en contact pendant 24 heures au moins, en agitant fréquemment ; après repos on décante. La liqueur obtenue est l'eau de chaux contenant à 15°C 1 gr 285 de CaO par litre.

On doit la conserver soigneusement à l'abri de l'air, dans un flacon bien bouché.

Le mieux est de la conserver dans le flacon même qui contient le lait de chaux.

Hydrogène sulfuré.

HS.

On l'emploie à l'état de gaz ou à l'état liquide.

A l'état de gaz on le prépare dans le laboratoire en faisant réagir, dans un appareil *ad hoc*, appareil Sainte-Claire-Deville, ou appareil Kipp, l'acide sulfurique sur le sulfure de fer. On le lave en le faisant passer à travers de l'eau dans un flacon de Wolff.

L'eau dissolvant 4 fois son volume d'hydrogène sulfuré, on se sert souvent de la dissolution aqueuse de ce gaz qui a l'inconvénient de s'altérer assez rapidement, en déposant du soufre dans le flacon qui la contient.

Acide sulfureux.

SO^2.

On emploie la dissolution aqueuse saturée à froid, conservée dan des flacons bien bouchés.

Eau régale.

On la prépare en mélangeant 3 parties d'acide chlorhydrique avec une partie d'acide azotique.

Ammoniaque.

Az H^3.

Incolore, si elle est pure. La solution aqueuse ayant une densité de 0,96, contient 10 0/0 d'ammoniaque. L'ammoniaque à 22° Baumé ou de 0.924 de densité contient 20 0/0 d'ammoniaque.

Elle doit se volatiliser sans résidu sur une lame de platine (*sels*). L'addition de deux fois son volume d'eau de chaux ne doit pas la troubler (*acide carbonique*). Diluée et saturée d'acide nitrique, elle ne doit pas précipiter par le nitrate d'argent (*chlore*), ni par le nitrate de baryte (*acide sulfurique*).

Ether.

$C^4H^4(C^4H^6O^2)\ldots(C^2H^5)^2O$

L'éther sulfurique pu· anhydre pèse 65° et a une dennité de 0.718 à 17°5. Il est neutre au papier de tournesol sensible, et non acide. Il ne donne aucun résidu par l'évaporatio.ı.

Acide acétique.

$C^4H^4O^4\ldots C^2H^4O^2$.

Il ne doit donner aucun précipité par le nitrate d'argent (*chlore*) ni par le chlorure de baryum (*acide sulfurique*). L'évaporation ne doit pas laisser de résidus (*sels*).

L'acide acétique à 8° Baumé contient 46 0/0 d'acide anhydre.

Acide chlorhydrique.

HCl

L'acide pur est incolore. Dilué, il ne doit pas se troubler par l'addition de chlorure de baryum) *présence d'acide sulfurique*). On en détermine la densité ou le degré Baumé. La présence du fer se manifeste à la coloration jaunâtre qu'il prend par l'évaporation. Il ne doit pas bleuir le papier d'iodure de potassium amidonné, ni décolorer l'indigo (*chlore*); il ne doit pas décolorer l'iodure d'amidon (*acide sulfureux*).

Acide nitrique.

P. mol. $Az^2O^5 = 108$. $AzO^5 = 54$.

On examine l'acide dilué avec le nitrate d'argent (*chlore*) et le chlorure de baryum (*acide sulfurique*). Il ne doit donner aucun trouble avec ces deux réactifs.

La densité de l'acide concentré est de 1.200 et contient 32 à 33 0/0 d'acide.

Acide sulfurique.

$H^2SO^4 = 98$. $SO^3HO = 49$.

L'acide sulfurique pur concentré à 66° doit être incolore (*matières organiques*). Mélangé à 4 ou 5 fois son poids d'alcool, il doit rester incolore (*absence des oxydes de plomb, de fer et de calcium*).

Mélangé à froid avec un peu de sulfate de protoxyde de fer pulvérisé, il ne doit pas prendre de coloration rose (*composés nitreux*). L'*arsenic* se reconnait avec l'appareil de Marsch. Il ne doit pas réduire, quand il est dilué, le permanganate de potasse (*acide sulfureux*).

Quand on veut le diluer, on doit verser doucement l'acide dans l'eau distillée, et non l'eau dans l'acide.

Phosphate de soude.

$PhNa^2HO^4$ ... $PhO^5HO.2NaO$.

Ce sel contient 10 0/0 d'eau. On examine la solution en y ajoutant de l'ammoniaque et chauffant; elle doit rester claire. Les dépots obtenus par le nitrate d'argent et le chlorure de baryum doivent être parfaitement solubles dans l'acide nitrique et ne pas donner lieu à un dégagement de gaz carbonique

Carbonate d'ammoniaque.

$C^3Az^4H^{10}O^8$ ... $(AzH^3HO)^2HO.3CO^2$.

Ce sel, chauffé dans une capsule de platine, ne doit pas laisser de résidu. Il ne doit donner aucun précipité ni par le nitrate d'argent n par le chlorure de baryum.

Chlorure d'ammonium.

AzH^4Cl ... AzH^3,HCl.

1 de sel pour 8 d'eau.

Ce sel, chauffé comme le précédent, ne doit laisser aucun résidu. Il doit être neutre au papier de tournesol.

Oxalate d'ammoniaque.

$(AzH^4)^2C^2O^4 + aq.$ ... $C^2O^3AzH^3,2HO$

1 de sel pour 25 d'eau.

On l'examine avec l'hydrogène sulfuré et le sulfure d'ammonium, qui ne doivent pas troubler la solution.

Liqueur de Nessler.

On dissout 4 gr. d'iodure de potassium dans 10 cc. d'eau ; on chauffe un peu, et l'on ajoute de l'iodure de mercure de façon qu'il reste encore un excès insoluble. On laisse refroidir ; on ajoute 40 cc. d'eau, on filtre et on ajoute 75 cc. d'une solution de potasse caustique de densité égale à 1.20. On laisse le liquide dans une éprouvette pendant 48 heures, au bout des quelles on décante la liqueur claire.

Ce réactif, d'une sensibilité extrême, sert à constater des traces infinitésimales d'ammoniaque.

Sous-acétate de plomb liquide.

Les formules pour le préparer sont fort variées, ce qui s'explique par la raison que le sous-acétate de plomb n'a pas une composition bien définie, et n'est pas toujours de l'acétate sesquibasique.

Formule a. — On dissout à une douce chaleur, pendant 8 à 10 heures, dans une capsule de porcelaine, 300 gr. d'acétate neutre de plomb et 100 gr. de litharge pulvérisée dans un litre d'eau. On décante ou on fitre la solution qui doit être très alcaline.

Formule b.

Acétate neutre de plomb.	200	grammes.
Litharge	60	—
Eau.	700	—

Formule c.

Acétate neutre de plomb	500	—
Litharge	150	—
Eau.	1500	—

Formule d, de M. Courtonne.

Acétate neutre de plomb.	350	—
Eau.	825	—
Ammoniaque à 22°.	55	—

Teinture d'Indigo.

On traite peu à peu 6 gr. 60 d'indigo par 66 gr. d'acide sulfurique de Nordhausen en évitant l'échauffement. Après 48 heures de contact, on verse le produit dans 1 litre d'eau, on agite, on laisse refroidir et on filtre.

Tannin.

On dissout 1 de tannin à l'éther dans 10 parties d'eau, ou mieux dans 5 parties d'eau et 5 parties d'alcool à 90°.

Teinture de tournesol.

On chauffe pendant 12 heures à une douce chaleur 1 partie de tournesol pulvérisé dans 6 parties d'eau en agitant fréquemment. On décante ensuite dans une éprouvette à robinet ; au bout de 12 à 24 heures on soutire le liquide clair qui est fortement bleu et alcalin. Pour le sensibiliser on le partage en deux parties à peu près égales, puis on ajoute goutte à goutte en agitant constamment, de l'acide sulfurique dilué. Quand le liquide devient rouge, on mélange ensemble les deux portions qui prennent la coloration bleue. On les sépare de nouveau en deux parties égales, puis dans l'une d'elles on ajoute encore de l'acide sulfurique très dilué jusqu'à virage au rouge. On mélange de nouveau les deux liquides pour recommencer encore plusieurs fois le même traitement. A la fin, on obtient ainsi une liqueur *violacée très sensible*, bleuissant facilement par l'action des alcalis, et rougissant par l'action des acides.

Il faut une grande habitude pour bien réussir cette teinture.

Cette teinture doit se conserver dans un flacon dont le bouchon est percé d'un trou pour ménager l'accès de l'air. Quand la liqueur se décolore, il suffit de l'agiter à l'air pour ramener la coloration primitive.

Teinture d'acide rosolique neutralisé.

On la prépare en dissolvant l'acide rosolique cristallisé dans de l'alcool a. 90°. Cette liqueur présente une coloration jaune et es fortement acide ; elle doit être sensibilisée.

Alors elle prend une coloration intermédiaire entre le *rouge* et le *jaune*. Elle a la propriété de virer au jaune par l'action des acides, et au rouge par l'action des bases.

Teinture de phtaléine.

On dissout 10 gr. de phénolphtaléïne dans 1 litre d'alcool à 50°. Ce réactif est incolore en présence des acides et vire au rouge vif

par l'action des bases. Mais préparée comme nous venons de l'indiquer, cette teinture est acide, on la sensibilise comme la teinture d'acide rosolique.

Teinture de lacmoïde.

On dissout 10 gr. de lacmoïde dans 1 litre d'alcool à 65°. On obtient une liqueur d'un beau bleu qui a la propriété de rougir par les acides. Les alcalis la ramènent au bleu. Elle convient très bien pour les titrages acidimétriques, car le virage du rouge au bleu présente une grande netteté. Elle convient moins bien pour les titrages alcalimétriques, car le virage du bleu au rouge est beaucoup moins net. Elle doit aussi être sensibilisée.

Papiers titrés et papiers sensibles.

On se sert en sucrerie de papiers titrés, soit au curcuma, soit à la phtaléïne, pour la première et pour la deuxième carbonatation.

On peut leur donner tous les titres c'est-à-dire leur faire indiquer depuis 0 gr. 05 jusqu'à 2 gr. d'alcalinité exprimée en chaux par litre Mais il n'est pas possible d'indiquer exactement la manière de les titrer rigoureusement, car les poudres de curcuma et de phtaléine diffèrent beaucoup les unes des autres, de sorte que les solutions que l'on prépare ne sont jamais de richesse constante. Les papiers que l'on emploie diffèrent souvent aussi suivant le fabricant, et même suivant telle ou telle période de la fabrication. Il faut donc la plupart du temps titrer ces papiers par tatonnements.

On ne peut pas non plus préparer le papier de tournesol sensible en le trempant dans une teinture de tournesol parfaitement sensibilisée parce que le papier collé que l'on trouve dans le commerce est toujours acide et le degré d'acidité varie avec les différentes marques et les différents numéros de papier. Il faut encore ici procéder par tâtonnements.

Le papier de tournesol sensible doit être violet. Il bleuit par l'action des bases et rougit par l'action des acides.

Les papiers à la phtaléine sont blancs; ils restent blancs dans un liquide moins alcalins que leur titre, et deviennent rouges dans un liquide plus alcalins. Ils prennent une *légère* teinte rosée quand ils sont plongés dans un liquide dont l'alcalinité est égale à leur titre.

Pour s'en servir, on en prend une bandelette entre le pouce et l'index et on la plonge dans le liquide, car quel que soit son titre, et quelle que soit l'alcilinité des jus, dès lors qu'il serait alcalin, elle prendrait la coloration rouge.

On emploie le papier de curcuma de la même façon; la chaux le fait virer du jaune au rouge brun. Son usage tend à disparaître.

Liqueurs alcalimétriques et acidimétriques.

Les liqueurs alcalimétriques se font ordinairement avec les acides sulfurique, chlorhydrique ou oxalique ; pour les liqueurs acidimétriques on emploie d'habitude la soude ou la potasse, plus rarement l'ammoniaque.

Les liqueurs alcalimétriques et acidimétriques normales contiennent par litre l'équivalent en poids de l'acide ou de la base employés. C'est ainsi que l'acide sulfurique normal contient 40 gr. d'acide anhydre SO^3 ou 49 gr. d'acide monohydraté SO^3HO...H^2SO^4.

L'acide chlorhydrique normal contient par litre 36 gr. 50 HCL.

L'acide oxalique normal contient par litre 63 gr.

Les liqueurs acidimétriques normales contiennent par litre 47 gr. de potasse anhydre,

31 gr. de soude,

17 gr. d'ammoniaque AzH^3.

Les liqueurs demi-normales contiennent la moitié de l'équivalent ; et les liqueurs déci-normales en contiennent la dixième partie.

Outre les liqueurs normales, on fait des liqueurs arbitraires contenant 10 ou 100 gr. d'acide ou de base par litre.

En sucrerie, les liqueurs alcalimétriques sont titrées de telle façon que 1 cc. employé dans un volume déterminé de jus sucré indique 0 gr. 1 ou 0 gr. 01 de chaux par litre.

Nous verrons plus loin les différentes liqueurs alcalimétriques employées.

Préparation d'une liqueur alcalimétrique.

La meilleure liqueur alcalimétrique est faite avec l'acide sulfurique. Supposons qu'on veuille faire une liqueur d'acide sulfurique contenant 49 gr. H^2SO^4 par litre.

Ce serait s'exposer à de graves erreurs que de peser 49 gr. d'acide sulfurique pur et concentré du commerce, car cet acide n'est jamais monohydraté : celui qu'on désigne sous le nom de *pur et bouilli* ne l'est pas davantage.

Il est donc nécessaire, pour préparer une liqueur sulfurique titrée, de doser préalablement l'acide sulfurique.

Voici comment on procède pour la titrer :

On pèse 54 à 55 gr. d'acide pur et concentré, que l'on étend d'eau distillée de manière à former environ 1 litre.

Après refroidissement et mélange homogène, on prélève 10 cc. de

cette solution, sur lesquels on dose l'acide sulfurique en le transformant en sulfate de baryte qu'on lave, qu'on recueille et qu'on dessèche. On fait le dosage en double. Si les résultats concordent on inscrit sur l'étiquette le poids d'acide sulfurique contenu dans 1 cc. ou dans 1 litre. Soit 52 gr. 55 la quantité de H^2SO^4 contenue dans 1 litre. Il s'agit maintenant d'amener cette liqueur à contenir 49 gr. H^2SO^4 par litre.

Si 52 gr. 54 d'acide sont contenus dans 1000 cc., 49 gr. seront contenues dans $\frac{1000 \times 49}{52.54} = 932$ cc, 6 ; on prendra donc 932 cc, 6 de cette liqueur qu'on étendra à un litre avec de l'eau distillée.

Comme contre-épreuve, on précipitera par le chlorure de baryum l'acide sulfurique sur 10 cc. de cette dernière liqueur. On devra obtenir un poids de sulfate de baryte égal à 1 gr. 165.

Voici maintenant comment on fait le dosage de l'acide sulfurique au moyen du chlorure de baryum.

On introduit les 10 cc. de liqueur acide dans un vase à précipitation chaude, on y ajoute environ 100 cc. d'eau distillée et 2 cc. de HCl., et on porte à l'ébullition. On y fait ensuite tomber goutte à goutte une solution de chlorure de baryum, de manière à ne pas interrompre l'ébullition. Le sulfate de baryte se sépare cristallisé. On ajoute le chlorure de baryum aussi longtemps qu'une goutte versée dans le liquide éclairci y produit un précipité. La précipitation terminée, on laisse déposer le précipité et l'on décante la liqueur claire sur un filtre Scheilcher (filtre sans plis ne donnant pas de cendres par l'incinération). La décantation terminée, on verse dans le verre de l'eau bouillante, on agite et on laisse déposer de nouveau. La liqueur claire est de nouveau décantée sur le filtre, puis remplacée sur le précipité par de nouvelle eau bouillante et ainsi de suite.

On lave ainsi le précipité par décantation jusqu'à ce que l'eau de lavage qui s'écoule de l'entonnoir ne précipite pas l'acide sulfurique dilué. On entraine alors la totalité du précipité sur le filtre à l'aide du jet de la pissette à eau bouillante et par le frottement d'un agitateur garni d'un tube en caoutchouc.

Le filtre étant égoutté on le sèche à l'étuve, on l'incinère et on le calcine sur le bec Kréchel. A la fin de la calcination on arrose le précipité de quelques gouttes d'un mélange d'acide azotique dilué et d'acide sulfurique pour transformer en sulfate de baryte le sulfure de baryum qui peut s'être formé par réduction.

Après refroidissement on pèse.

L'équivalent du sulfate de baryte $SBaO^4$ ... (BaO, SO^3) étant 116.5 et celui de l'acide sulfurique H^2SO^4 étant 49, en multipliant le poids P de sulfate de baryte trouvé par le rapport $\frac{49}{116.5}$, c'est-à-dire par

0,4206 on obtient le poids x de l'acide sulfurique H^2SO^4 contenu dans la prise d'essai.

Pour avoir le poids de l'acide calculé en anhydrique sulfurique, il faudrait multiplier le poids de sulfate de baryte trouvé par 0.34335.

Soit 1 gr. 2492 le poids de sulfate de baryte fourni par 10 cc. de la liqueur sulfurique primitive ci-dessus.

1 gr. 2492 $\times$ 0,4206 = 0 gr. 5254 de H^2SO^4 contenu dans 10 cc. de la liqueur, soit 52 gr. 54 par litre.

932 cc. 6 de cette liqueur étendus à 1 litre donneront, comme nous l'avons vu plus haut, la liqueur sulfurique normale à 49 gr. H^2SO^4 par litre.

Au lieu de faire le dosage du sulfate de baryte sur 10 cc. de liqueur, il vaudrait mieux opérer sur 20 à 25 cc. Pour cela on prélève cette quantité de la liqueur initiale que l'on étend de son volume d'eau distillée, et l'on opère sur 20 ou 25 cc. de ce mélange.

Toutes les liqueurs sulfuriques se préparent de même.

Une fois qu'on est en possession de la liqueur sulfurique normale, on s'en sert pour préparer la liqueur sodique ou potassique normale, c'est-à-dire contenant 31 gr. Na^2O ou 47 gr. K^2O par litre.

Pour cela on dissout dans l'eau distillée 35 à 45 gr. de soude caustique pure ou 50 à 55 gr. de potasse pure et l'on fait 1 litre. Après refroidissement et mélange bien homogène on en prélève 10 cc. que l'on introduit dans un verre à pied avec 2 ou 3 gouttes de teinture de tournesol sensible. Puis à l'aide d'une burette graduée on verse peu à peu dans ce liquide de la liqueur sulfurique normale jusqu'à ce que la couleur passe du bleu au rouge pelure d'oignon.

Soit 11 cc. 9 de liqueur sulfurique employée :

Si 10 cc de liqueur sulfurique normale correspondent à 0 gr 31 de Na^2O, 11 cc. 9 correspondront à $\frac{0.31 \times 11.9}{10} = 0.3689$. La liqueur sodique contient donc 36 gr. 89 de Na^2O par litre. Il s'agit maintenant de l'amener à ne contenir que 31 gr. par litre.

Si 36 gr. 89 sont contenus dans 1000 cc., 31 gr. seront contenus dans $\frac{1000 \times 31}{36.89} = 840$ cc. 4.

On prendra donc 840 cc. 4 de cette liqueur qu'on étendra à 1 litre avec de l'eau distillée.

Les liqueurs alcalimétriques et acidimétriques normales se neutralisent volume à volume.

Les liqueurs alcalimétriques employées en sucrerie sont les suivantes :

Liqueur à 175 gr. H^2SO^4 par litre

1 cc. de cette liqueur correspond à 0 gr. 1 CaO. Elle sert à doser la chaux dans le lait de chaux et les jus chaulés.

Liqueur à 17 gr. 5 H^2SO^4 par litre.

On peut s'en servir pour déterminer l'alcalinité des jus de 1re carbonatation.

Liqueur à 1 gr. 75 H^2SO^4 par litre.

Elle peut servir à déterminer l'alcalinité des jus de 2e carbonatation.

Liqueur à la phtaléine Vivien pour la 1re carbonatation.

Quand 1 volume de cette liqueur neutralise 1 volume de jus, ce jus contient 0 gr. 5 CaO par litre.

Liqueur à la phtaléine Vivien pour la 2e carbonatation.

Quand 1 volume de cette liqueur neutralise 1 volume de jus, ce jus contient 0 gr. 25 CaO par litre.

Liqueur alcalimétrique Le Docte.

1 cc. de cette liqueur pour 25 cc. de jus = 0 gr. 1 CaO par litre.

TROISIÈME PARTIE

CHAPITRE I

Conduite de la diffusion.

Dans le travail de la diffusion, on doit toujours avoir deux objecttfs en vue : *épuiser le plus possible la cossette*, et *extraire le jus à son maximum de densité.*

Il est presque passé à l'état d'axiome, en sucrerie, de dire que la perte en sucre à la diffusion est de 0,50 pour 100 de betterave. Le fabricant qui obtient ces résultats, s'en déclare satisfait et ne cherche pas à améliorer son travail, persuadé qu'il est arrivé à l'extrême limite de la perfection.

Cependant, la pratique a démontré que l'on peut arriver à un épuisement sensiblement meilleur, et limiter la perte à 0.15 ou à 0,20 au maximum de sucre pour cent de betteraves. Dans ce cas, la teneur saccharine des cossettes épuisées est de 0,10 à 0,15 °/₀ ; celle des petites eaux ne dépasse pas 0.05 °/₀ soit un 1/2 gr. par litre. L'épuisement dans ces limites est parfaitement possible avec l'obtention de jus denses. Il suffit d'une surveillance attentive et d'un contrôle chimique sérieux pour le réaliser. Le bénéfice résultant d'un travail ainsi conduit sur celui qui consiste à perdre, comme c'est le cas général, 0,50 de sucre, se chiffre par 3,000 à 3.500 k. de sucre par million de kilogr. de betteraves ; et si l'on réfléchit que ce sucre doit être considéré comme libre d'impôt, on voit qu'il y a là une source de bénéfices considérables, supérieurs à ceux que procure l'épuisement des écumes. L'économie est au moins de 2.000 francs par million de kilogr. de betteraves. N'y a-t-il pas là, pour le fabricant, un intérêt suffisant pour s'assurer le concours d'un chimiste sérieux qui prendra à cœur de surveiller et de conduire le travail d'une façon régulière ?

On a fait à cet épuisement presque complet de la cossette, le reproche d'introduire plus d'impuretés minérales, c'est-à-dire plus de sels dans les jus. Cette objection n'est évidemment pas fondée, car on ne

peut introduire dans les jus plus de sels que la betterave n'en contient; or, en retirant tout le sucre, il est logique de retirer tous les sels, et l'on a alors le jus naturel de la betterave, pas plus mauvais dans tous les cas, s'il n'est pas meilleur. Avec un épuisement moindre la proportion de sels par rapport au sucre, est la même, car le sucre ne diffuse pas plus vite que les sels; c'est même le contraire qui a lieu ; de sorte qu'il serait plus exact de dire, que plus on épuise la cossette, plus élevé est le coefficient salin des jus de diffusion.

Il y a un intérêt non moins sérieux pour le fabricant à produire des jus à leur maximum de densité. C'a été longtemps une croyance généralement admise, elle l'est encore auprès de bien des fabricants, que la diffusion doit nécessairement donner des jus faibles et en produire d'autant plus que la betterave est plus riche. La conséquence était que l'usine devait être obligée de réduire considérablement son travail, que dès lors les frais de fabrication de la betterave riche devaient être beaucoup plus considérables que ceux de la betterave pauvre. Bref, c'est tout juste si l'on ne disait pas qu'il valait mieux travailler de la betterave médiocre. Heureusement la loi de 1884 est venue modifier cette dernière appréciation; cependant elle n'a pas fait tomber encore tous les préjugés à l'égard de la diffusion.

Eh bien ! la pratique a encore démontré que la diffusion ne devait pas nécessairement donner des jus à 3°, 8, comme on les obtenait il y a deux ou trois ans, et comme on les obtient encore dans beaucoup de fabriques. Elle a démontré que la diffusion ne produit des jus faibles qu'avec la betterave pauvre, qu'elle peut produire des jus à haute densité, et d'autant plus denses que la betterave mise en œuvre est plus riche. En un mot, en prenant certaines précautions en conduisant rationnellement la diffusion, on obtient facilement des jus dont la densité est les 8/10e de la densité initiale du jus de la betterave. C'est ainsi qu'une betterave à 5° de densité donnera du jus à 4°; une betterave à 6° en donnera à 4°, 8, et une betterave à 7°, en produira à 5°, 6, tout en maintenant l'épuisement dans les limites indiquées précédemment.

Il en résulte naturellement :

1° Que la proportiou du jus fournie par la betterave est très faible, et 2° qu'elle n'est pas plus considérable pour une betterave riche que pour une betterave pauvre; c'est même le contraire qui a lieu. Et cela se conçoit facilement

Une betterave, quelle que soit sa richesse, contient en moyenne 5 0/0 de matière insoluble, ou ligneuse, et 95 0/0 d'eau et de matières solubles constituant le jus.

Les 95 kilog. de jus à 6° de densité représentent (d'après la for-

mule connue P = V D) un volume de $\frac{95}{106}$ = 89 litres 6, et les 95 kilog. de jus à 7° de densité représentant un volume $\frac{95}{167}$ = 88 litres 8.

En un mot plus la densité de la betterave augmente, plus faible est le volume des 95 kilog. de jus qu'elle renferme, puisque dans le rapport qui exprime ce volume, le numérateur 95 reste le même, et que le dénominateur augmente.

Et comme par la diffusion nous prétendons obtenir de n'importe quelle betterave du jus à une densité égale au 8/10 de la densité primitive, il en résulte que les rapports entre les volumes respectifs de ces jus ne sont pas modifiés, puisqu'ils sont multipliés par la valeur constante 8/10.

Les 89 litres 6 de jus à 9° deviendront 112 litres de jus à 4°8, et les 88 litres 8 de jus à 7° produiront 111 litres de jus à 5°6.

Donc la diffusion de la betterave riche ne produit pas un volume de jus plus considérable, que celle de la betterave pauvre ; elle en produit seulement un *poids* plus considérable.

Or les frais de fabrication sont proportionnels non pas au *poids* du jus mais à son *volume*. Un hectolitre de jus à 6° de densité coûte moins à travailler qu'un hectolitre de jus à 5°, car il présente moins d'eau à évaporer ; il séjournera moins longtemps dans le triple effet.

Le tableau suivant représente les quantités de jus à différentes densités que fournissent 100 kilog. de betteraves de richesses variables.

On voit que la betterave à 5°5 de densité donne 137 litres ou 112 litres de jus suivant que le jus extrait a 3°6 ou 4°4 de densité. Dans le second cas c'est 20 0/0 de moins d'eau à évaporer pour amener le jus à l'état de masse cuite.

La betterave à 6° donnera 148 litres de jus ou 112, suivant qu'on l'obtiendra à 3°6 ou à 4°8, et la betterave à 7° de densité en donnera 155 ou 111 litres, suivant qu'il aura une densité de 4° ou de 5°6. Pour la betterave à 6° l'économie sur l'eau à évaporer est de 32 0/0, et pour la betterave à 7° cette économie est de 44 0/0.

Ainsi, quelle que soit la richesse de la betterave, la proportion de jus à extraire par la diffusion reste à peu près constante ; elle varie de 113 litres par 100 k. pour la betterave à 5°, à 109 litres pour la betterave à 9° de densité. On peut donc régler, pour ainsi dire, d'une façon uniforme, au bac mesureur, la quantité de jus à extraire à un nombre invariable de litres et qui ne doit pas dépasser 115 ou 120 par 100 kil. de betteraves.

Chaque fois que ce chiffre sera dépassé, le fabricant pourra en conclure que la diffusion n'a pas été rigoureusement surveillée.

Tableau indiquant en litres les quantités de jus à différentes densités, fournies par la diffusion de 100 k. de betteraves de richesses diverses (1).

Densité du jus extrait par la diffusion	Densité initiale du jus pur de la betterave.								
	5°	5°5	6°	6°5	7°	7°5	8°	8°5	9°
	Litres	Litres	Litres	Litres	Litres	Litres	Litres	Litres	Litres
3°6	125	137	148	161	173	184	193	206	218
3°8	118	134	143	152	163	174	185	195	206
4°	113	124	134	144	155	165	176	186	196
4°2		117	127	138	147	157	167	177	187
4°4		112	122	132	141	150	160	170	178
4°6			116	126	135	145	153	162	170
4°8			111	121	130	138	147	156	163
5°				116	124	132	141	149	157
5°2				111	120	127	135	143	151
5°4					115	122	130	138	145
5°6					111	118	126	132	140
5°8						114	121	127	135
6°						110	117	124	131
6°2							114	120	127
6°4							110	117	123
6°6								113	119
6°8								109	115
7°									112
7°2									109

Quant à l'économie provenant de la production du jus à haute densité, il est facile de l'évaluer.

Prenons la betterave à 6°5 de densité donnant 144 litres de jus à 4° de densité, ou 111 litres à la densité de 5°2, laquelle correspond

(1) Soit D la densité initiale du jus de la betterave et d la densité du jus extrait par la diffusion ; en appelant V le volume du jus à la densité d extrait de 100 k. de betteraves de densité D, et représentant la densité de l'eau par 100, nous avons

$$V = \frac{95}{D} + \frac{D - d}{d - 100} \times \frac{95}{D}$$

ou après réduction, $V = \frac{95}{D}\left(\frac{d - 100}{D - 100}\right)$

aux 8/10 de la densité initiale. Dans le second cas nous avons 33 litres de moins d'eau à chauffer, évaporer, etc., par 100 kilog. de betteraves.

Or la quantité de vapeur nécessaire au chauffage et à l'évaporation d'un hectolitre de jus est d'environ 75 kil. ce qui, pour les 33 litres d'eau, représente 21.75 kilog. de vapeur. En supposant qu'un kilog. de charbon placé sur la grille du générateur évapore 7 kilog. d'eau, il faut donc pour le chauffage et l'évaporation de ces 33 litres d'eau 4 kilog. 7 de charbon, soit 47 tonnes pour le travail d'un million de kilog. de betteraves. On voit par là que la production du jus à haute densité fait réaliser une économie de combustible d'environ 1,000 fr. par million de kilog. de betteraves.

Mais l'économie résultant de la production du jus à haute densité, apparaîtra bien plus grande encore, si l'on considère que le travail ainsi conduit abrège notablement la durée de la fabrication, ou, ce qui revient au même, permet de travailler journellement une bien plus grande quantité de betteraves. Cela se réduit par une diminution importante des frais de fabrication ou du prix de revient du sucre.

Or, au point où en est arrivée aujourd'hui la concurrence sur le marché des sucres, il n'y a de salut pour notre industrie que dans la diminution du prix de revient du produit fabriqué.

De même qu'on fait des objections contre l'épuisement trop complet de la cossette, de même on a prétendu que les jus denses se travaillaient difficilement ; que surtout ils présentaient un grand obstacle à la carbonatation. Inutile de dire que cette objection ne tient pas debout et quelle est tout aussi peu fondé que la première. Les nombreux et heureux essais de carbonatation de jus concentrés l'ont refutée victorieusement. Pour que la carbonatation des jus denses se fasse bien, il faut simplement avoir soin de les additionner d'une proportion plus grande de lait de chaux. La chaux, en effet, doit être proportionnelle, non pas au volume du jus, mais à la teneur de celui-ci en sucre.

Si l'on met 10 0/0 de lait de chaux à 20° B. dans du jus à 3° 8 de densité ayant une teneur en sucre de 8 0/0, il faudra en mettre 13.7 0/0 dans un jus à 5° 2 de densité ayant une teneur saccharine de 11 0/0. La quantité de chaux ainsi employée par 1000 kil. de betteraves reste la même ; seulement la proportion mise par hectolitre de jus augmente.

Voici les conditions à observer pour obtenir ces résultats.

Dans la diffusion de la betterave en vase clos, on se trouve dans des conditions analogues à celles que nous rencontrons dans l'osmose des mélasses. Nous avons d'un côté le jus de betteraves avec son sucre et ses impuretés renfermées dans les innombrables et

microscopiques cellules de la racine, de l'autre nous avons l'eau baignant les cossettes. Les parois des cellules sacharifères représentent la membrane végétale à travers laquelles doit se faire l'échange des deux liquides. Or la diffusion, l'exode du jus de la cellule dans le liquide baignant la cossette, est influencée par diverses causes qui sont notamment la *température* et la *durée du contact.*

Influence de la température. — La température exerce une influence considérable sur l'intensité des attractions, c'est-à-dire sur la diffusibilité des corps. A une basse température, la diffusion se fait très lentement, tandis qu'elle est singulièrement activée par la chaleur. Mais on se heurte dans la pratique à deux difficultés. Quand on chauffe trop, on cuit la cossette qui se tasse dans les diffuseurs, ce qui est un obstacle à l'épuisement régulier; de plus cette cossette cuite se presse très mal et devient d'un transport difficile et coûteux. En second lieu, le chauffage exagéré produit des jus impurs, tenant en dissolution certaines matières organiques de nature gommeuse, qu'une chaleur plus modérée n'aurait pas dissoutes ou plutôt aurait coagulées. Ces matières organiques rendent les cuites grasses, forment des sels de chaux, ces fléaux de la fabrication, et finalement provoquent l'altération des bas produits. Il s'agit donc d'atteindre la limite supérieure de la température sans la dépasser. L'expérience a appris que la température maxima à laquelle on pouvait chauffer des jus, sans s'exposer aux inconvénients signalés ci-dessus, varie entre 75 et 90°, suivant la rapidité de la circulation des jus dans la batterie.

Il est bien évident qu'une circulation rapide permet de chauffer plus fortement la cossette sans la cuire.

Quand on se contente d'un chauffage modéré, la diffusion est moins énergique, elle languit et l'épuisement ne peut avoir lieu que par un contact prolongé ou par l'emploi de beaucoup d'eau; dans ce dernier cas, on produit des jus à faible densité, et par conséquent en grande quantité.

On doit donc, ou marcher très lentement et alors on restreint son travail, ou chauffer le jus à 70, 80, 85 et 90°, à son passage au calorisateur, et dans le plus grand nombre possible de vases diffuseurs.

Or, quels sont les vases qui ne doivent pas être chauffés? On ne doit pas chauffer l'eau ou le jus du diffuseur épuisé, parce qu'il faut permettre à la cossette de se refroidir suffisamment en vue de la pression, l'expérience ayant appris que la cossette chaude se presse mal.

Dans le même but, et pour la même raison, on doit modérer le chauffage sur le diffuseur qui précède le diffuseur épuisé. Tous les

autres diffuseurs doivent être chauffés à la température convenable pour obtenir l'épuisement complet.

Quand au diffuseur *meiché*, tout en ne portant pas sa température à un degré aussi élevé que dans les autres, il est bon néanmoins de le chauffer un peu.

En pénétrant dans le diffuseur « meiché », le jus de l'avant dernier diffuseur, s'il est chauffé à une température élevée s'enrichira notablement au contact des cossettes fraîches, dont il provoquera la diffusion, au lieu de les laver simplement ; de plus, il provoquera sur les cossettes la coagulation des matières albuminoïdes qu'un jus plus froid entraînerait avec lui. On a, en effet, constaté que le passage des jus à une température élevée sur le dernier diffuseur chargé, augmente notablement le cœfficient de pureté du jus, compara ivement à celui qui est extrait à froid. Pour s'en convaincre, on n'a qu'à analyser les jus tirés de deux diffuseurs successifs, dont l'un aura été extrait à chaud et l'autre à froid.

Ainsi dans une batterie de 12 diffuseurs dont 10 sont en activité, l'échelle des températures aux calorisateurs devrait se rapprocher de la suivante, en commençant par le diffuseur prêt à être vidé.

Diffuseurs,	1 — 2	(3—4—5—6—7—8),	9	— 10
Température,	40° — 60°	76 à 85°	65 à 70°	— 40 à 50°.

De cette façon l'épuisement sera maximum ainsi que la densité du jus. — Nous avons de la sorte, sur 10 diffuseurs en activité, 6 qui sont à la température maximum.

Dans beaucoup de fabriques on chauffe tous les diffuseurs à la même température, moins celui qui doit être vidé, bien entendu. La surveillance de la batterie devient ainsi plus facile.

Certains fabricants de sucre ne chauffent jamais au-delà de 70 à 72° ; d'autres vont jusqu'à 78° et ne dépassent jamais 80°; dans tous les cas, il nous semble que ce qui doit régler la température de la diffusion, c'est le degré de pureté du jus extrait. Dans une bonne marche ce degré ne devrait jamais être inférieur à celui du jus naturel de la betterave, obtenu par râpage et pression.

Durée du contact. — La diffusion est d'autant plus profonde, l'épuisement est d'autant meilleur que la durée du coutact entre les deux liquides est plus considérable. Avec un temps suffisamment long, la diffusion pourrait être pratiquée à froid, aussi complètement qu'à chaud, avec un temps moindre. Mais la marche lente et surtout la marche intermittente, doit être évitée, parce quelle peut provoquer des altérations du jus. Au point de vue de la qualité du jus, la diffusion doit être rapide.

Quand l'arrêt de la diffusion doit durer un certain temps, il vaut mieux liquider que de laisser les jus en contact avec les cossettes.

Le séjour du jus dans les diffuseurs varie entre une heure et une heure et demie.

Nombre et capacité des diffuseurs. — Quel est le nombre de vases que doit posséder une batterie de diffusion.

Evidemment, ce nombre dépend de la richesse de la betterave mise en œuvre. Il est en raison directe de la richesse de la betterave.

Si l'on pratique la diffusion d'une betterave ayant 5° de densité et d'une autre betterave ayant 6° de densité, et cela dans des conditions identiques, c'est-à-dire à la même température, dans le même laps de temps et dans un même nombre de diffuseurs d'égale capacité, il est évident que la betterave la plus riche, sera la moins épuisée, les matières les plus diffusibles, le sucre et les sels étant plus abondants, n'auront pas eu le temps de passer entièrement dans le liquide extérieur. Si donc l'on veut obtenir de la betterave riche le même épuisement, il faut nécessairement avoir recours ou à une augmentation de température, ou à un contact plus prolongé ou à une extraction de jus à densité inférieure. Mais il est impossible d'augmenter la température, puisque nous la supposons atteindre le maximum permis ; nous ne pouvons nous résoudre à extraire du jus à plus faible densité, parce que nous perdons une partie des avantages du procédé :

Il ne nous reste donc qu'à augmenter la durée du contact. Cette augmentation de durée peut être obtenue de trois manières :

a. En faisant circuler le jus plus lentement dans la batterie, mais alors nous réduisons notre travail, ce qui est un grave inconvénient; de plus, un séjour trop prolongé des jus dans les diffuseurs peut entraîner leur fermentation.

b et *c*. En augmentant la capacité ou le nombre des diffuseurs

Avec des diffuseurs plus grands, tout en faisant circuler le jus plus lentement, on produit le même travail, parce qu'on opère sur un poids de cossettes plus considérable, et que l'on extrait naturellement à chaque diffuseur un plus grand nombre d'hectolitres de jus.

Avec un plus grand nombre de diffuseurs, la durée du contact est augmentée sans que la circulation soit ralentie.

Lequel de ces deux systèmes est le préférable ?

Nous préférons augmenter le nombre plutôt que la capacité des diffuseurs, et pour le travail de la betterave riche, nous considérons la batterie de 14 diffuseurs préférable à celle de 12. On a remarqué en effet que l'épuisement est plus facile dans les petits vases, que la circulation du liquide y est plus régulière ; en second lieu, dans une batterie de 14 diffuseurs il y a toujours au moins 10 vases au lieu de 8 sur lesquels la diffusion peut être pratiquée avec le maximum d'intensité, et si par manque de soins ou de surveillance, l'un de ces

diffuseurs n'est pas conduit rationnellement, la faute n'atteint que le 10e au lieu du 8e de la cossette.

Il est encore d'autres conditions qu'il importe d'observer pour obtenir de la diffusion le maximum d'effet utile ; nous nous bornerons à à en signaler quelques-unes au premier rang desquelles nous placerons la confection de la cossette. Celle-ci, doit être longue, fine, régulière et nettement découpée, exempte de bavures ; on ne l'obtient ainsi qu'en lavant soigneusement la betterave et en apportant les plus grands soins au fonctionnement du coupe-racines et au parfait entretien des couteaux ; plus la cossette est fine, plus la diffusion est rapide. Les couteaux faitières sont préférables aux autres, parce qu'ils produisent une cossette qui se tasse peu à peu dans les diffuseurs et livre au jus une circulation facile. Pour produire des cossettes irréprochables il faut entretenir soigneusement les couteaux et maintenir une hauteur convenable de betteraves sur le disque du coupe racines.

Il est indispensable que les betteraves soient très bien lavées et ne soient souillées à leur arrivée au coupe-racines ni de terre, ni de cailloux, ni de brins d'herbe.

Il faut éviter soigneusement de recouvrir les silos avec du foin ; la paille est préférable parce qu'elle laisse moins de débris et engorge moins le coupe-racines.

Il y a cependant une limite à la finesse des cossettes, car il est important qu'elles conservent une certaine rigidité pour ne pas trop se tasser dans le diffuseur et empêcher la circulation du jus. Les betteraves riches que l'on travaille maintenant en France présentent en général une rigidité suffisante pour permettre la confection de cossettes très fines.

Doit-on tasser les cossettes dans le diffuseur ? Les avis sont partagés. Toutefois il parait plus avantageux de les tasser si elles ont une rigidité suffisante; la circulation du jus se fait mieux et comme les vides sont moins nombreux et moins grands, le jus extrait est plus dense. On fait également plus de travail car on met ainsi dans le diffuseur 55 à 57 k. de cossettes par hectolitre de capacité utile, tandis qu'en ne les tassant pas, on met à peine 50 k.

Y a-t-il avantage à employer des agents épurants à la diffusion ?

Ici encore les avis sont très partagés. Les uns sont ennemis de l'emploi de tout agent épurant. Nous pensons cependant que certains agents peuvent être employés avec profit en observant certaines précautions.

La chaux a la propriété de produire dans la cossette une espèce de défécation qui rend le jus plus pur. Mais pour cela il ne faut pas dépasser la température de 75° C, autrement on forme du métapectate de chaux soluble que la carbonatation n'élimine plus.

Le danger que présente l'acide sulfureux est qu'il peut produire une légère inversion du sucre, surtout si l'on chauffe trop fort, on peut l'employer sans danger avec certaines betteraves qui présentent une alcalinité naturelle assez élevée. D'ailleurs il est toujours bon de laver le gaz avant de l'employer pour le débarrasser des traces d'acide sulfurique libre qu'il contient ordinairement.

Le bisulfite de chaux présente moins de danger d'invertir le sucre que l'acide sulfureux, mais son emploi est plus dispendieux.

La campagne dernière on a employé, dans quelques usines, la soude caustique à la diffusion, et l'on parait s'en être fort bien trouvé ; cet agent faciliterait beaucoup la diffusion, et de plus il empêcherait la formation des sels de chaux dans les jus. Nous verrons comment on doit l'employer quand nous parlerons des sels de chaux au chapitre *Carbonatation et Gaz de la diffusion.*

Les gaz de la diffusion consistent en oxygène, hydrogène, azote et acide carbonique. Leur inflammabilité est due à la présence de l'hydrogène. Ce dernier gaz peut provenir soit de l'attaque des parois des diffuseurs par les acides de la betterave (Chevron) ; soit de la fermentation butyrique provoquée par la terre qui salit les betteraves (Dehérain); soit de la réduction du tartrate acide de potasse contenu dans le jus de betterave (Dr Stohmann); soit d'un chauffage exagéré donnant lieu à une production de pectine (Battut). Les autres gaz proviennent de la betterave elle-même qui les tient emprisonnés dans les cellules. M. de Lippmann a constaté jusqu'à 15 litres de gaz emprisonnés dans 100 k. de betteraves.

L'inconvénient des gaz consiste, non pas dans leur inflammabilité ; ils sont trop peu abondant pour qu'il y ait danger, mais dans l'obstacle qu'ils opposent à la circulation régulière du jus. On doit donc les éviter, et pour les expulser, ouvrir souvent les robinets purgeurs. Il est important aussi de ne fermer le diffuseur meiché que lorsque le jus a atteint l'orifice du diffuseur. Si on ferme trop tôt la porte supérieure on emprisonne une certaine quantité d'air qui fait contre-pression. Si le meichage est trop rapide, l'air interposé entre les cossettes n'a pas le temps de fuir devant le courant et les jus sont émulsionnés et fort mousseux. Le meichage doit donc être fait avec une certaine lenteur.

On évite les gaz inflammables en lavant bien les betteraves, en ne chauffant pas trop fort, en évitant la circulation trop lente, en induisant l'intérieur des diffuseurs de plusieurs couches d'huile, en employant de la chaux ou de la soude.

Contrôle de la diffusion. — Il est très important de mesurer exactement la quantité de jus extrait à chaque diffuseur pour ne pas en extraire une trop forte ou une très faible proportion ; dans le premier cas on augmente inutilement les frais d'évaporation, et dans le

second on s'expose à mal épuiser les cossettes. D'autre part le contrôle rigoureux du travail est impossible si l'on ne connait pas la quantité exacte de jus extrait.

Le contrôle de la diffusion se fait, dans les sucreries, au moyen d'un bac jaugeur, qui mesure les quantités de jus entrant en travail et par une série d'analyses qui servent ensuite de base pour calculer le sucre devant sortir de la fabrique.

Or le bac jaugeur, tel qu'il est employé, n'offre pas toujours de garanties bien sérieuses. Tantôt on tire plus, tantôt moins de jus des diffuseurs, ayant ainsi un épuisement très irrégulier de la cossette, sans que l'on puisse beaucoup y remédier. De temps en temps l'on fait bien une analyse de ces cossettes, mais elle n'indique la marche que pour le moment même où l'échantillon a été pris et ne peut assurer que tous les diffuseurs ont été tirés de la même façon. Le fabricant se trouve donc dans l'incertitude.

Pour les prises d'échantillons de jus, si elles sont faites de temps en temps, elles ne donnent qu'un résultat toujours faux, puisque l'échantillon servant à l'analyse n'est pas proportionnel à la quantité du jus tiré et qu'il n'en représente pas la moyenne.

C'est pour corriger ces causes d'erreur en même temps que pour améliorer le travail en le régularisant, que nous conseillons l'emploi d'appareils de contrôle. Les appareils Horsin-Déon commencent à être employés pour cela.

Le contrôleur mesureur automatique, fig. 38, mis en communication avec le bac jaugeur donne, à simple lecture du diagramme qu'il fournit, tous les renseignements sur la marche de la diffusion. Toute irrégularité s'y trouve inscrite. C'est en quelque sorte un surveillant dont l'attention toujours soutenue ne peut être mise en défaut.

L'appareil est mis en mouvement par un flotteur placé dans le bac jaugeur. Les déplacements de ce flotteur viennent s'inscrire sur un bulletin divisé en heures, 1/4 d'heures et fractions de 5 minutes. Ce qui permet de se rendre compte du temps employé à l'emplissage et à la vidange des diffuseurs et de la quantité de jus extraite. En même temps s'inscrivent les arrêts qui peuvent se produire dans l'usine et leur durée, puisqu'ils entraînent l'arrêt de la diffusion ou tout au moins un ralentissement.

Enfin deux sonneries sont reliées à l'appareil, et indiquent à la diffusion et à la carbonatation que le bac est plein ou qu'il est vide. Ces sonneries réglables à volonté donnent toute assurance pour la régularité du travail.

Le contrôleur mesureur automatique est donc un appareil absolument nécessaire pour tout fabricant désirant un travail soigné et régulier et par suite économique. La construction donne toutes les

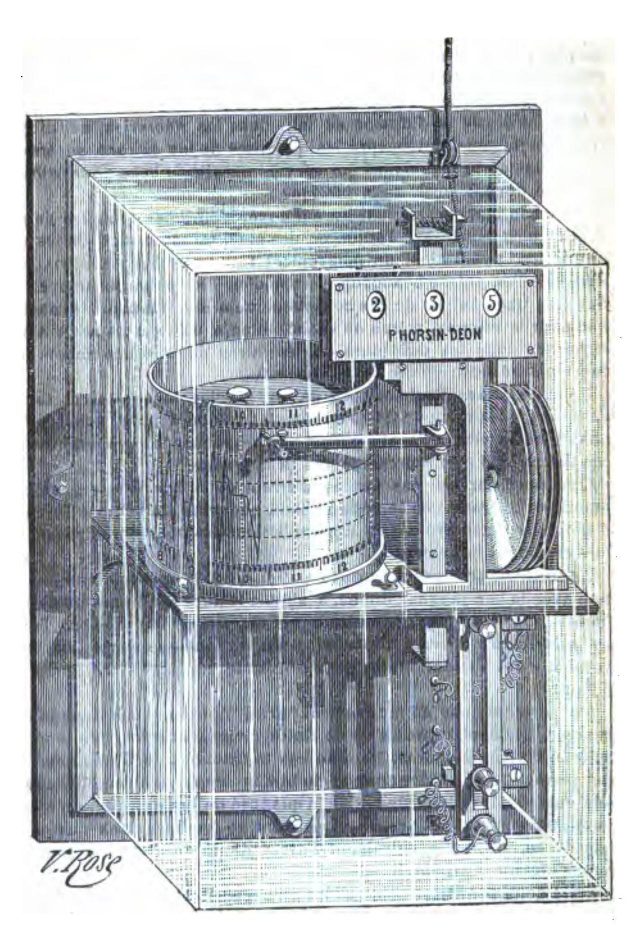


Fig. 38.

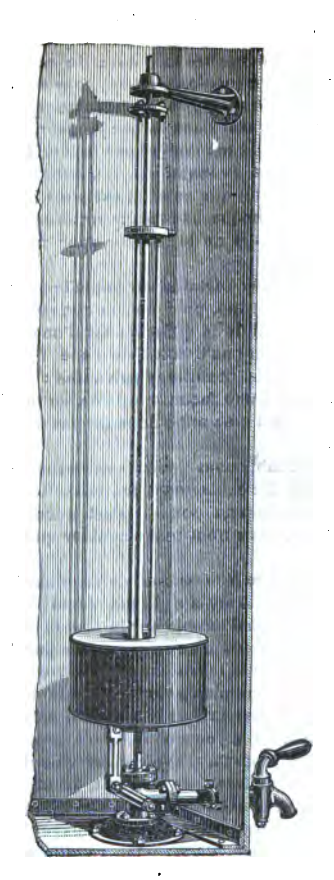


Fig. 36.

garanties désirables au point de vue de l'exactitude et ses indications ne peuvent être faussées. C'est donc un auxiliaire précieux pour les directeurs et qui leur permet de reporter toute leur attention sur d'autres points aussi importants pour la fabrication

Le contrôleur-mesureur donnant les volumes de jus entrés dans

l'usine, il est utile de connaître la nature de ce jus, c'est-à-dire pouvoir en prendre un *échantillon moyen* pour en faire l'analyse. Ce but est rempli par l'*échantillonneur automatique* fig. 39.

Cet appareil, placé aussi dans le bac jaugeur, repose sur l'emploi d'un robinet à trois eaux manœuvré par le liquide lui-même. Un tube central sert à la prise d'échantillon, il s'emplit en même temps que le bac et se vide aussitôt que celui-ci est plein. Cette méthode a l'avantage de donner à chaque bac mesureur un échantillon proportionnel à la quantité de jus et de le donner pour chaque nouvelle quantité entrant en travail.

C'est donc une donnée certaine sur laquelle peut se baser le calcul du sucre entré dans l'usine, puisque l'on connaît déjà le volume.

En résumé, le travail de la diffusion est d'une très grande importance en sucrerie. Pour qu'il soit fait d'une façon irréprochable, il faut satisfaire aux trois conditions suivantes :

1° Ne pas chauffer d'une façon exagérée, de manière à obtenir des jus purs, se travaillant bien et ne donnant pas lieu à la formation des sels de chaux.

2° Epuiser convenablement la cossette pour réduire la perte en sucre au minimum. Un épuisement des cossettes à 0.20 0/0 de sucre peut être considéré comme bon. Il n'est guère nécessaire de descendre au-dessous, mais c'est mal travailler que de ne pas atteindre cette limite.

3° Obtenir des jus à leur maximum de densité, c'est-à-dire aux 7/10 ou aux 8/10 de la densité initiale du jus de la betterave. On réalise ainsi une économie considérable sur le travail des jus faibles, d'abord parce qu'il y a moins d'eau à évaporer par 100 kil. de betteraves ; ensuite parce que le travail des jus denses permet de mettre en œuvre journellement une plus grande quantité de betteraves.

Pour arriver à ces résultats, il faut produire de la cossette absolument irréprochable, ce qui ne s'obtient qu'à la condition de travailler des betteraves très propres, d'avoir en service des couteaux de diffusion toujours bien affutés et en bon état, de faire marcher le coupe-racines à une vitesse convenable, d'avoir toujours un poids suffisant de betteraves sur le disque du coupe-racines, et enfin de faire circuler le jus dans la batterie d'une façon régulière, continue et pour ainsi dire sans arrêt. Le meichage et le soutirage doivent être faits lentement. Il vaut mieux, en effet, faire circuler le jus lentement et presque sans interruption, que de meicher et soutirer rapidement pour laisser ensuite la circulation au repos pendant un temps plus ou moins long. L'épuisement de la cossette se fait mieux quand le liquide qui la baigne est en mouvement que quand il est au repos. Nous conseillons donc de mettre un diaphragme sur la colonne d'eau de la diffusion pour régulariser la vitesse de la circulation.

CHAPITRE II

Chaulage des jus et Carbonatations.

Dans la plupart des fabriques on ne chauffe pas les jus au sortir de la diffusion ; on leur ajoute en une seule fois toute la quantité de chaux nécessaire et on les envoie à la carbonatation.

D'autres pratiquent le chauffage et l'addition fractionnée de la chaux. Beaucoup de fabricants chauffent les jus à la sortie de la diffusion. Aussitôt les jus sortis de la batterie on y ajoute 1 litre de lait de chaux à 20° pour 8 hectolitres de jus. Ensuite on les porte le plus rapidement possible à la température de 90° puis on les envoie aux bacs d'attente de la carbonatation, où on les chaule avec toute la dose de chaux nécessaire pour la première carbonatation.

Quelques-uns additionnent les jus de diffusion recueillis à 33-35° de 1 à 2 p. 100 de lait de chaux à 20° B, puis ils les chauffent à 70-75°. On les envoie ensuite au bac chauleur où on complète la quantité de chaux nécessaire pour la première carbonatation.

D'autres chauffent les jus dans les bacs d'attente à la sortie de la diffusion à 40° C. environ ; ils mettent ensuite 1/3 de la quantité totale de lait de chaux et ils continuent le chauffage jusqu'à 80° environ. Arrivés à cette température, les jus reçoivent les deux autres tiers de lait de chaux puis sont envoyés à la première carbonatation.

Dans certaines usines, le jus de diffusion chassé par la pression d'eau, passe par le réchauffeur du triple effet, où il est porté à la température d'environ 55°, puis il va au bac mesureur. De là, il passe dans un autre réchauffeur à serpentin où, après addition de 1 p. 100 de lait de chaux à 20° B. il est chauffé à 95° ; il est ensuite mélangé avec le jus venant de la râperie, additionné de 10 à 12 p. 100 de lait de chaux, et envoyé à la première carbonatation ; quelquefois même il n'est pas mélangé avec le jus de la râperie et est travaillé seul.

On ne constate généralement pas, par ces différents procédés, une augmentation de pureté dans les jus carbonatés, mais le dépôt dans les décanteurs se fait plus rapidement et plus complètement, ce qui facilite le travail des écumes aux filtres-presses.

Première Carbonatation.

On met ordinairement à la première carbonatation 10 de lait de chaux à 20 ou 25° B. pour 100 de jus, soit 2 kil. à 2 kil. 500 de chaux anhydre par hectolitre de jus.

Dans le jus destiné à la deuxième carbonatation on met 5 0/0 de son volume en lait de chaux de même degré que pour la première. Cela fait par hectolitre de jus 2 kil. 200 à 2 kil. 700 de chaux anhydre.

Ces quantités peuvent être diminuées quand les jus sont très purs, proviennent de bonnes betteraves et se travaillent facilement ; c'est ainsi que dans certaines usines on emploie à peine 1 kil. à 1 kil. 50 de chaux anhydre par hectolitre de jus.

Au début de la fabrication, alors que les betteraves sont saines, la proportion de lait de chaux employée dépasse rarement 10 à 12 0/0, ce qui paraît être la dose normale. Dans les derniers mois, cette dose est augmentée progressivement et portée dans certaines usines de 12 à 14 et même à 17 0/0, suivant le besoin.

En un mot, plus les jus sont purs et se travaillent facilement, moins ils exigent de chaux ; au contraire, plus ils sont impurs, plus le travail est difficile, et plus la quantité de chaux employée doit être augmentée.

D'autre part, la proportion de chaux doit augmenter avec la densité du jus, ou mieux avec la teneur du jus en sucre. On mettra plus de chaux dans un jus à 5°5 de densité que dans un jus à 4°.

Température de la carbonatation. — Il est difficile d'indiquer une règle à cet égard. Les uns carbonatent à froid, les autres carbonatent à chaud. Il y en a qui commencent la carbonatation à froid et chauffent légèrement pour arriver à la fin à 75, 80 ou 90° C. Avec des jus à faible densité, la carbonatation peut être faite, sans inconvénient à basse température. Mais avec des jus denses, il est nécessaire d'opérer à une température de 75 à 80° C. En effet, à une température inférieure à 60° C, il se forme, lors du passage de l'acide carbonique, au début, surtout dans les jus denses, du sucrate d'hydrocarbonate de chaux, corps qui n'est que lentement décomposable par l'acide carbonique, donnant au jus une consistance visqueuse qui empêche le gaz de se dégager, et le jus *dort*, comme disent les ouvriers. Mais à une température plus élevée, ce sucrate d'hydrocarbonate de chaux se décompose facilement, et la carbonatation marche rapidement.

Pour ce qui est du chauffage après carbonatation, la manière d'opérer est fort variable. Les uns chauffent à l'ébullition, d'autres, au contraire, ne chauffent qu'à 80 ou 85°, prétendant que le chauffage à 100° colore les jus et redissout certaines matières organiques précipitées pendant la carbonatation.

Notre avis est qu'il faut chauffer le moins possible à la carbonatation comme à la diffusion. Seule la rapidité du travail doit servir de base pour déterminer la température à laquelle il faut opérer.

Carbonatation et décantation lentes et difficiles.

Il arrive souvent que la carbonatation se prolonge outre mesure, et que quand elle est achevée, les jus décantent difficilement et ne veulent pas passer aux filtres-presses. C'est même là un des principaux ennuis de la fabrication.

Les causes qui peuvent prolonger outre mesure la carbonatation sont les suivantes :

1° Un excès de lait de chaux introduit dans le jus. Il faut s'en assurer par un essai alcalimétrique.

2° Une mauvaise marche du four à chaux, partant du gaz pauvre. On s'en assure en analysant le gaz avec l'appareil Orsat.

3° La machine à gaz tournant trop vite ou pas assez, ce qui revient encore à avoir du mauvais gaz.

4° Carbonatation faite à une température trop basse, surtout si les jus sont denses.

5° Chauffage exagéré à la diffusion.

6° Du jus altéré, provenant de betteraves gelées, pourries ou poussées en végétation.

Les causes ci-dessus sont aussi de nature à empêcher ou à ralentir le dépôt dans les décanteurs, et la filtration à travers les filtres-presses.

Si l'on emploie trop peu de chaux, les jus décantent mal, et les écumes sont grasses.

On corrigera tous ces inconvénients, en supprimant les causes ci-dessus.

L'addition d'une plus grande quantité de chaux au jus réussit ordinairement à obtenir une bonne décantation.

Le chauffage après carbonation facilite également la décantation.

Certains tours de mains sont employés pour triompher de la lenteur de la carbonatation ou de la décantation.

M. Martin ajoute pendant la carbonatation la valeur de 1 hectolitre de jus vert non chaulé par 50 hectolitres, et il chauffe à une tem-

pérature voisine de l'ébullition. Ce procédé lui réussit 9 fois sur 10.

M. Brunehant commence la carbonatation avant d'avoir rempli complètement les chaudières; lorsque la saturation approche, il ajoute le complément de lait chaulé, soit environ un quart de la quantité totale et achève ensuite la carbonatation. De cette façon le dépôt se fait très bien, l'alcalinité est relevée, le passage aux filtres-presses est facile, et l'on n'est pas incommodé par la mousse au début de la carbonatation.

M. Hille, directeur de la sucrerie de Nordgemersleben n'ajoute tout d'abord à la première carbonatation que le tiers de toute la chaux nécessaire; après saturation paraissant suffisante à l'œil, il porte à l'ébullition; il ajoute ensuite les deux autres tiers de chaux et achève la carbonatation jusqu'à une alcalinité de 1 gr. 20 à 1 gr. 50 de chaux par litre.

Alcalinité des jus de 1re carbonatation. — Les jus de première carbonatation doivent être laissés très alcalins. On arrête l'introduction du gaz carbonique aussitôt que le premier dépôt du précipité se manifeste nettement. L'alcalinité du jus de 1re carbonatation doit être comprise entre 1 gr. 20 à 1 gr. 50 de CaO par litre. On ne devrait jamais descendre au dessous de 1 gr. Lorsque les jus ne décantent qu'à la condition d'être peu alcalins, il faut, non pas pousser trop loin la carbonatation, mais bien rechercher les causes de cette anomalie que nous avons indiquées plus haut et les supprimer.

Quand la première carbonatation a été poussée trop loin, qu'on a laissé moins de 1 gr. d'alcalinité par litre, il se redissout une certaine quantité de matières organiques et colorantes, les jus deviennent noirs et louches et ne se purifient plus convenablement à la deuxième carbonatation, et il se forme des sels de chaux.

L'alcalinité peut être constatée avec les papiers titrés de curcuma ou mieux de phtaleïne, avec la liqueur à la phtaleïne, ou la liqueur Le Docte.

Bien que nous ayons indiqué précédemment comment on détermine l'alcalinité des jus, nous croyons utile d'y revenir ici, le contrôle de l'alcalinité étant très important.

La liqueur sulfurique à la phtaleïne dite liqueur blanche Vivien, est la plus employée à l'atelier de la carbonatation pour mettre dans les mains des ouvriers.

Voici comment on opère : On introduit le jus sucré filtré dans le tube Vivien (fig. 40) jusqu'au zéro de la graduation; puis on ajoute à l'aide d'une pissette, la liqueur titrée. Le liquide se colore d'abord en rouge puis redevient incolore à la partie supérieure. On interrompt l'affusion de la liqueur titrée et l'on agite le tube par retournement ; si le liquide reste rouge, on continue à verser de la liqueur titrée, en mélangeant de temps à autre par retournement ; quand la teinte

rouge a disparu, toute la chaux est saturée. Si l'on s'est arrêté en face du trait 10, par exemple, le jus contient une alcalinité égale à 1 gr. de CaO par litre. Si l'on ne s'est arrêté, au contraire, qu'entre 10 et 15, en face le trait 13, le jus contient 1 gr. 30 de chaux par litre.

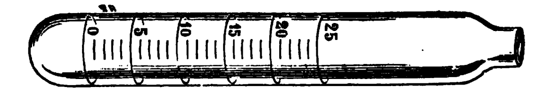


Fig. 40.

On opère de même pour la deuxième corbonatation, en se servant d'une liqueur au 1/2 ou au 1/5 de la précédente.

Cette liqueur est certainement la plus commode à employer pour la première carbonatation, parce que le changement de teinte indiquant la fin de la réaction est très net, même à la lumière artificielle ; mais elle est moins bonne pour les jus de deuxième carbonatation dans lesquels on laisse une alcalinité beaucoup plus faible.

On donne généralement aujourd'hui au tube Vivien la forme d'une petite éprouvette à pied, sans bec, ce qui permet de la mettre sur une table et d'éviter le support.

La liqueur sulfurique à la phtaleïne dite liqueur blanche Vivien, est la plus employée à l'atelier de la carbonatation pour mettre dans les mains des ouvriers.

La liqueur sulfurique Le Docte avec l'acide rosolique neutralisé ou le lacmoïde comme indicateur est très employée également. Les burettes automatiques imaginées depuis quelque temps rendent l'emploi de ces liqueurs très commodes. Parmi ces burettes nous signalerons la burette Pellet, la burette Defez et les différents modèles de burettes Gallois et Dupont (fig. 41 et 42), dont nous reproduisons ici les figures.

La liqueur titrée est mise dans le flacon. En pressant avec la main la poire de caoutchouc, le liquide vient remplir la burette graduée jusqu'au zéro. L'excès de liquide retourne dans le flacon à l'aide d'un tube recourbé faisant office de siphon. Dans les flacons-burettes Gallois et Dupont (fig. 41 et 42) le zéro est indéplaçable à cause de la soudure qui relie la burette graduée au tube T.

Avec la liqueur sulfurique Le Docte on opère sur 25 cc. de jus filtré mis dans un verre à pied ou mieux dans un bol de porcelaine blanche. On y ajoute quelques gouttes d'acide rosolique neutralisé, et l'on fait le titrage en laissant tomber peu à peu la liqueur sulfurique

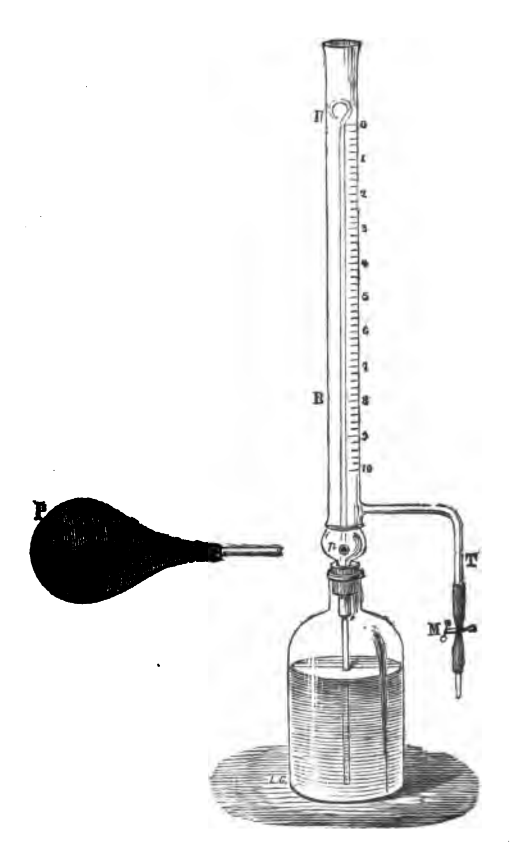


Fig. 41.

de la burette. Chaque centimètre cube de liqueur employé égale 0 gr. 1 de CaO par litre de jus. S'il a fallu 14 cc. 3 de liqueur Le Docte pour neutraliser 25 cc. de jus, ce jus contient une alcalinité égale à 1 gr. 43 de chaux par litre.

D'autres chimistes emploient des liqueurs à un titre différent, et opèrent toujours sur une quantité de jus telle que 1 cc. de liqueur employé corresponde à 0 gr. 1 de CaO par litre de jus.

Les indicateurs dont on fait usage sont généralement : le phénolphtaleïne, l'acide rosolique neutralisé, la teinture de tournesol et la phénacétoline.

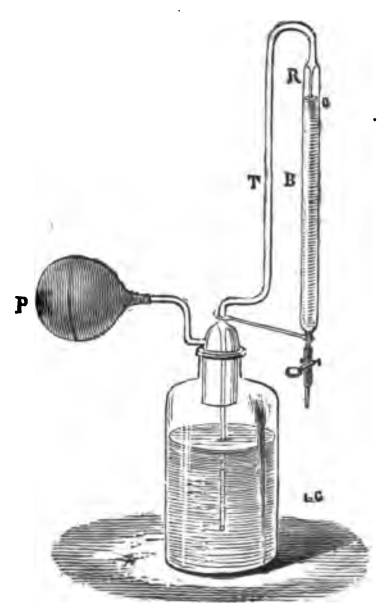


Fig. 42.

M. Lachaud conseille pour les titrages alcalimétriques un indicateur que nous avons eu l'occasion d'essayer et qui nous paraît donner de bons résultats. Il offre d'ailleurs une particularité nouvelle qui nous engage à le signaler.

Cet indicateur est basé sur le virage de l'acide rosolique neutralisé en présence d'une autre matière colorante sans action sur les acides et les bases ; cette matière colorante est le vert de quinoléïne. Avec une liqueur sulfurique, le virage est très net et très sensible, surtout à la lumière artificielle. Sa couleur passe du rouge au vert.

La liqueur au protochlorure de fer imaginée par M. Possoz, avec le ferricyanure de potossium comme indicateur, est encore, dans

quelques usines, mise entre les mains des ouvriers pour déterminer le point d'arrêt des carbonatations.

Le papier titré à la phtaléïne, découpé en bandelettes, est également fort employé dans le même but, et il faut avouer qu'il est très précieux entre les mains des ouvriers. Plongé dans un jus plus alcalin que son titre, il prend une coloration rouge intense ; si au contraire l'alcalinité est inférieure, il reste blanc. Il prend une teinte légèrement rosée quand le jus a exactement l'alcalinité pour laquelle le papier a été titré. Le papier de curcuma semble de plus en plus délaissé

Les papiers ne sont guère employés que par les ouvriers ; le chimiste détermine toujours l'alcalinité au moyen de liqueurs titrées qui viennent ainsi contrôler les indications du papier et de la liqueur blanche à la phtaléïne.

CHAPITRE III

Deuxième carbonatation

La quantité de chaux ajoutée à la deuxième carbonatation varie beaucoup avec les usines, depuis 1.50 pour 100 de lait de chaux à 20° B. jusqu'à 4 et 5 0/0, ce qui réprésente de 0.20 à 1 pour 100 de chaux caustique.

Généralement la saturation est arrêtée quand toute la chaux libre est précipitée et que les alcalis caustiques ne sont pas encore carbonatés. L'alcalinité varie ainsi de 0 gr. 15 à 0 gr. 45 par litre, et exprimée en chaux, la moyenne étant de 0.20 à 0.30.

Le point d'arrêt de la 2e carbonatation est généralement déterminé à l'aide du papier titré à la phtaléïne, plus rarement avec le papier de curcuma. Presque toujours le contrôle de cette alcalinité est fait au moyen d'une liqueur sulfurique avec la teinture de tournesol, la phtaléïne ou l'acide rosolique neutralisé, comme indicateurs, ainsi que nous l'avons indiqué.

On se sert aussi d'une liqueur à 4 pour 100 d'oxalate d'ammoniaque pour déterminer le point d'arrêt ; mais pour nous l'emploi de cette liqueur est dangereux, car si les jus contiennent des sels de chaux non précipitables par CO^2, on peut croire qu'il y a encore de la chaux libre et pousser la saturation trop loin. Nous conseillons d'employer comme contre-épreuve l'eau de chaux, sur une autre portion du jus filtré. Si elle ne produit aucun trouble, elle annonce que tout ou partie des alcalis caustiques de la betterave (potasse et soude) sont passés à l'état de carbonates.

Il existe aussi plusieurs autres moyens rapides de doser l alcalinité libre et l'alcalinité totale du jus de 2e carbonatation. Nour les avons indiqués plus haut.

L'alcalinité à la deuxième carbonatation doit être aussi faible que possible tout en étant réelle néanmoins.

Ordinairement le jus de betterave tient en dissolution une quantité de potasse et de soude, soit libres, soit carbonatées, suffisante pour produire une alcalinité naturelle assez élevée ; dans ce cas on arrête la carbonatation juste au moment précis où toute la chaux a été précipitée et où les alcalis naturels de la betterave, potasse et soude, n'ont pas encore commencé à se carbonater. En général on ne doit pas laisser de chaux dans les jus et sirops ; si après l'avoir éliminée

entièrement à la deuxième carbonatation, l'alcalinité du jus est très faible, inférieure à 0 gr. 10, ou même si elle est nulle, on doit s'assurer de l'alcalinité des sirops. Souvent ceux-ci présentent une alcalinité suffisante dûe aux alcalis naturels de la betterave combinés à certains acides organiques et qui sont devenus libres par l'action du noir. Dans ces conditions la saturation peut, sans inconvénient, être poussée jusqu'au point où toute la chaux a disparu. Mais si après la filtration sur le noir, les sirops étaient complètement neutres, il serait nécessaire, pour éviter toutes chances de fermentation ultérieure, de laisser à la deuxième carbonatation une alcalinité de 0 gr 80 exprimée en CaO par litre de jus.

Lorsque les bas produits de la sucrerie sont destinés à être osmosés plus tard, il vaudrait mieux éliminer entièrement la chaux des sirops et demander l'alcalinité nécessaire à une addition de soude caustique parce que les sels de cette dernière base s'éliminent facilement par l'osmose, tandis que les sels de chaux sont réfractaires à ce mode d'épuration.

Comme il est très important que les sirops soient alcalins pour la bonne conservation des produits, le chimiste doit, comme moyen de contrôle, déterminer fréquemment l'alcalinité des masses cuites 1er et 2e jet.

Une bonne alcalinité pour les sirops est de 0 gr. 5 de CaO par litre. Une alcalinité plus forte est nuisible et quand elle dépasse un gramme de CaO par litre, la cuite devient grasse, paresseuse, difficile à serrer.

Une alcalinité inférieure à 0 gr. 50 par litre est insuffisante, et la fermentation, la mousse, sont à redouter.

Un bon sirop normal doit pouvoir se conserver au moins deux jours sans s'altérer, sans devenir louche et sans perdre de son alcalinité. Quand un sirop perd rapidement son alcalinité, la fermentation est à craindre dans les bas produits.

Des essais d'alcalinité doivent être faits de 3 heures en 3 heures sur du même sirop conservé ; si l'alcalinité se maintient, le travail est bon ; si l'alcalinité baisse graduellement, il faut veiller à la carbonatation, à la saturation, faire employer plus de chaux, laisser une alcalinité plus grande.

Sels de chaux. — Lorsque la fabrication est bien conduite, le travail de betteraves saines ne doit pas produire de sels de chaux dans les jus. Les sels de chaux sont formés par des acides organiques, en combinaison avec la chaux. Ils sont caractérisés par leur solubilité et ne peuvent être décomposés par l'acide carbonique. On en constate la présence à l'aide d'une solution d'oxalate d'ammoniaque qui précipite la chaux. Les sels de chaux solubles sont principalement des métapectactes et des ulmates.

Les sels de chaux dans les jus ont pour causes : le travail de betteraves altérées, pourries ou gelées, une mauvaise marche de la diffusion, soit par chauffage exagéré, soit par circulation trop lente et interrompue, une alcalinité laissée trop faible à la première carbonatation.

M. Beaudet (1) explique de la manière suivante la formation des sels de chaux :

« La betterave contient de la pectose, et cette pectose ne se change en pectine qu'avec la maturité de la plante : donc plus la betterave est avancée plus le jus qui en provient contient de pectates, de parapectates et de métapectates de chaux.

» Voici un tableau des produits pectiques qui peuvent se former dans les racines et les jus :

- PECTOSE
  - PECTINE
    - Acide pectique.
      - Pectates. — Parapectates.
      - Acide parapectique. — Parapectates.
      - Acide métapectique. — Métapectates.
    - Parapectine. — Pectates. — Parapectates.
    - Acide pectosique. — Acide pectique. — Pectates.
    - Pectosates.
    - Métapectine. Acide métapectique
      - Métapectates.
      - Acide acétique.
      - Acide ulmique.

» La formation de ces corps se fait : 1° dans les betteraves ; 2° à la diffusion ; 3° pendant la carbonatation et surtout dans les décanteurs où l'oxydation à l'air se fait très rapidement : un fait le prouve, c'est qu'en laissant séjourner longtemps un jus carbonaté dans un décanteur, on verra l'alcalinité diminuer rapidement et les sels de chaux augmenter.

» Reprenons le tableau ci-dessus et raisonnons-le :

» La pectose, avons-nous dit, se transforme en pectine avec la maturation de la plante.

» La pectine forme :

» 1° Sous l'influence des terres alcalines, de l'acide pectique; cette transformation se fait aussi dans le jus dans le cours du travail en présence de la chaux et des autres alcalis. L'acide pectique forme les pectates ainsi que de l'acide parapectique sous l'influence de l'é-

(1) *Bulletin de l'Association des Chimistes*, février 1889.

bullition et en présence des bases ; ces deux acides donnent naissance à des parapectates de potasse et de soude solubles et de chaux insolubles.

» 2· De la parapectine par l'ébullition ; celle-ci donne naissance à des pectates.

» 3° De l'acide pectosique sous l'influence des alcalis et des carbonates alcalins ; cet acide pectosique donne naissance à de l'acide pectique; il en forme d'autant moins que l'alcalinité en chaux est plus faible à la deuxième carbonatation. Cet acide pectique donne encore des pectates.

» 4· Des pectosates, toujours sous l'influence des alcalis et des carbonates alcalins.

» 5· De la métapectine surtout à la fin de la fabrication quand les betteraves sont altérées. Cette métapectine donne de l'acide métapectique ; ce dernier provenant aussi bien de l'acide pectique que de la métapectine, se transforme en métapectate soluble, acide acétique, d'où des acétates, et acide ulmique, d'où des ulmates.

» Nous avons donc comme sels formés par la chaux et la pectine 1° des pectates, 2· des parapectates, 3· des métapectates, 4· des acétates et 5° des ulmates.

» Les pectates de chaux sont insolubles, ils doivent donc dans le cours du travail rester en partie dans les filtres ; ils donnent facilement naissance à des parapectates de chaux. Ces parapectates de chaux sont aussi insolubles.

» Mais les métapectates de chaux comme des autres bases sont solubles, ils ne pourront donc, en aucune façon, être éliminés par filtration, seul le carbonate de soude en débarrassera les jus et les sirops.

» Les conclusions à tirer de ce que nous venons de dire sont : éviter les décanteurs et filtrer le mieux possible, aussi bien les jus après première carbonatation qu'après deuxième et que les sirops. »

D'après M. Pellet, l'acide phosphorique contenu dans la betterave, ainsi que la plupart des acides organiques forment avec la chaux des composés insolubles.

Un petit nombre d'acides organiques, et en faible proportion, forme avec cette base des sels solubles. Mais ces acides se combinent d'abord aux alcalis naturels de la betterave, potasse et soude, de sorte que s'ils n'existent pas en proportion suffisante pour saturer toute la potasse et la soude, il n'y a pas apparition de sels organiques de chaux. Mais s'ils sont en assez grande abondance pour saturer tous les alcalis de la betterave, l'excès se combine avec la chaux et l'on voit dès lors apparaître les sels de chaux. Il en résulte que ces sels sont non seulement pernicieux par eux-mêmes, mais ils sont

encore l'indice de l'impureté des jus, c'est-à-dire de la présence dans leur sein, d'une certaine quantité de matières organiques en dissolution.

Avec un travail bien conduit, et avec des betteraves saines, il ne doit donc pas y avoir de sels de chaux dans les jus.

Aussi n'en constate-t-on jamais au début de la fabrication, mais seulement vers le milieu ou la fin, quand on travaille des betteraves ensilées. Il est facile d'empêcher ceux que produit un chauffage exagéré dans la batterie de diffusion.

Une trop faible alcalinité à la première carbonatation est aussi une cause de formation de sels de chaux. En effet certaines combinaisons calciques qui se sont précipitées et sont insolubles dans un jus très alcalin se redissolvent si la carbonatation est poussée trop loin, et il n'y aura plus possibilité de les éliminer, puisqu'à la deuxième carbonatation, la saturation est encore poussée plus loin.

M. Légier prétend qu'une carbonatation faite à une température élevée peut donner aussi naissance à des sels de chaux, à cause de l'action trop vive de la chaux sur les matières organiques.

Il cite encore comme cause de formation des sels de chaux, le contact prolongé des jus avec les fonds de chaudières. Aussi approuve-t-il la suppression de la décantation à la première carbonatation.

Quoiqu'il en soit des causes de formation des sels de chaux, on est généralement d'accord à reconnaître qu'ils sont nuisibles aux rendements aussi bien du premier jet que de tous autres jets. Les mélasses qui en contiennent sout difficilement osmosables. Pendant la concentration des sirops, il se dépose une assez forte couche de ces sels sur les parois des tubes du triple-effet, ce qui en affaiblit la puissance. On doit donc, ou les empêcher de se produire ou les éliminer.

Il est d'abord de la plus haute importance de les empêcher de se produire. Pour cela, il faut un travail irréprochable à la diffusion, une alcalinité suffisante à la première carbonatation, un travail rapide et une grande propreté. Quand les betteraves sont altérées, il est difficile de les éviter; mais en soignant bien le travail, on peut encore en restreindre considérablement la proportion.

Elimination des sels de chaux. — Quand les sels de chaux existent dans les jus et sirops, vaut-il mieux les laisser, ou convient-il de les éliminer? Certains chimistes, en petit nombre, il est vrai pensent qu'il n'y a pas lieu de s'en préoccuper, excepté dans le cas où l'on veut osmoser les bas produits.

Nous pensons qu'il vaut mieux les éliminer lorsqu'ils atteignent une certaine proportion.

On emploie ordinairement dans ce but une lessive de carbonate de soude qui, par double décomposition, précipite la chaux à l'état de carbonate et forme des organates de soude. On remplace ainsi un sel par un autre ; mais il convient de remarquer que les organates de soude sont moins funestes que les sels organiques de chaux sur la marche générale de la fabrication, sur la cristallisation du sucre des bas produits et ils ne produisent pas d'incrustation dans le triple-effet et la cuite. Ils sont d'ailleurs plus facilement éliminables par l'osmose.

La quantité de carbonate de soude à ajouter varie naturellement avec la teneur du jus en sels de chaux.

Les sels de chaux sont déterminés par l'hydrotimétrie.

Le tableau suivant indique la quantité de carbonate de soude sec et pur à ajouter par hectolitre de jus ou de sirops.

Degrés hydrotim	CaO par hectolitre.	NaO CO^2 à ajouter p^r hectolit.	Degrés hydrotim.	CaO par hectolitre.	NaO CO^2 à ajouter p^r hectolit.
1.......	2.57	1.14	16.......	9.12	18.24
2.......	1.14	2.28	17.......	9.69	19.38
3.......	1.71	3.42	18.......	10.26	20.52
4.......	2.28	4.56	19.......	10.83	21.66
5.......	2.85	5.70	20.......	11.40	22.80
6.......	3.42	6.84	21.......	11.97	23.94
7.......	3.99	7.98	22.......	19.54	25.08
8.......	4.56	9.12	23.......	13.11	26.22
9.......	5.13	10.26	24.......	13.68	27.36
10.......	5.70	11.40	25.......	14.25	28.50
11.......	6.27	12.54	26.......	14.82	29.64
12.......	6.84	13.68	27.......	15.39	30.78
13.......	7.41	14.82	28.......	15.96	31.92
14.......	7.98	15.96	29.......	16.53	33.06
15.......	7.55	17.10	30.......	17.11	34.22

La lessive de carbonate de soude doit être ajoutée à la fin de la deuxième carbonatation après ébullition.

Si, après filtration, le jus n'était pas assez alcalin, on pourrait y ajouter un peu de soude caustique en solution, de manière à avoir une alcalinité suffisante. Il est très important de n'ajouter la soude qu'après l'ébullition qui a chassé l'acide carbonique en dissolution, autrement elle se transformer it en carbonate.

Quand il n'y a pas de sels de chaux dans les jus, et que l'alcalinité est trop faible pour assurer la conservation ult'rieur des sirops, on peut ajouter un peu de lessive de soude caustique, mais il ne faut jamais ajouter de chaux.

Dans certaines usines on élimine les sels de chaux par l'acide sulfureux qui forme un sulfite de chaux insoluble à partir de 60° C. L'acide sulfureux peut être employé soit à l'état gazeux, en le faisant traverser le jus, soit à l'état de bisulfite de chaux. On doit veiller à ce que les jus restent toujours alcalins, autrement, il y aurait inversion partielle du sucre, et redissolution du précipité formé. Il vaut mieux l'employer sur les sirops, où on peut le doser plus facilement.

Au lieu d'employer le carbonate de soude après la deuxième carbonatation, certains chimistes ont eu l'idée de l'employer à la batterie de diffusion, dans le diffuseur de tête, à raison de 1 kil. par 1,000 kil. de betteraves. Il paraît qu'on s'en est fort bien trouvé et que la formation des sels de chaux a pu être évitée. Le carbonate de soude a en outre produit cet avantage de favoriser notablement l'épuisement des cossettes et de leur donner une certaine rigidité qui permet de les mieux presser.

Pour empêcher la formation des sels de chaux, on a également employé la baryte hydratée à la dose de 1 kil. par 10 hectolitres de jus sortant de la diffusion. On chauffe, puis on ajoute le lait de chaux. La baryte précipite ainsi l'acide sulfurique, forme avec certaines substances organiques des composés insolubles et met en liberté la potasse et la soude. On obtiendrait ainsi des jus exempts des sels de chaux et possédant une alcalinité élevée due à la potasse et à la soude libres.

CHAPITRE IV

Décantation, Filtration, Lavage des Ecumes.

Aujourd'hui la plupart des usines suppriment la décantation et envoient la totalité des jus aux filtres-presses. On a reconnu plusieurs avantages à cette manière d'opérer. D'abord le travail est plus rapide; les jus séjournant moins longtemps dans les bacs et au contact des écumes sont moins sujets à s'altérer et donnent un travail plus facile. Les jus sortant des filtres-presses sont plus clairs, plus brillants que ceux qui proviennent de la décantation; ces derniers sont toujours souillés par des matières en suspension qui ont un effet nuisible sur la deuxième carbonatation de même que sur les toiles de filtres mécaniques ou sur le noir. Enfin on aurait également reconnu que la suppression de la décantation permettrait de laisser dans les jus de première carbonatation une alcalinité supérieure de 0 gr. 20 à 0 gr. 40 de CaO par litre.

Dans certaines usines on décante à la deuxième carbonatation et l'on envoie les fonds dans les jus de première carbonatation. L'écume de deuxième carbonatation mélangée à celle de première, facilite le passage aux filtres-presses, ce qui est favorable à la rapidité du travail.

Quand on envoie la totalité des jus aux filtres-presses, il faut nécessairement deux batteries de ces appareils. Quand on décante aux deux carbonatations, une seule batterie suffit par le mélange des écumes. Quand on décante à la deuxième, et que l'on envoie les fonds dans les jus de première, une seule batterie suffit encore.

L'installation suivante paraît donner de bons résultats :

Suppression de la décantation aux deux carbonatations. Deux séries de filtres presses. Mélange des ecumes de 2e carbonatation aux jus troubles de première pour que la filtration et le lavage se fassent mieux. De cette façon le lavage se pratique seulement dans les filtres-preses a écumes de 1r carbonatation. Les jus de 2e carbonatation sont filtrés aux filtres mécaniques avant d'être envoyés au triple effet.

Il arrive quelquefois que les jus de première carbonatation passent difficilement aux filtres-presses. Cela tient ordinairement à ce que la carbonatation n'a pas été poussée assez loin; il reste du sucrate de

chaux non décomposé qui passe trouble à travers les toiles. Il faut donc pousser la carbonatation plus loin. Toutefois il est dangereux de laisser une alcalinité inférieure à 1 gr. de CaO par litre, parce qu'alors on s'expose à dissoudre certaines matières organiques déjà précipitées. L'emploi d'une plus grande quantité de chaux permet généralement d'obvier à cet inconvénient.

Il est encore d'autres causes qui ralentissent la filtration : les jus n'ont pas été suffisamment chauffés après la carbonatation ; la richesse du gaz laisse à désirer ; la pierre à chaux est trop siliceuse ; enfin les toiles sont de mauvaise qualité. Signaler ces causes, c'est indiquer en même temps les remèdes.

En conduisant la carbonatation comme nous l'avons indiqué plus haut, on parviendra, dans la majorité des cas, à triompher de la difficulté.

L'emploi de chaux siliceuse incruste surtout les toiles des filtres mécaniques ; le meilleur remède consiste uniquement à se servir d'autre calcaire pour la fabrication de la chaux.

Les toiles des filtres-presses et des filtres-mécaniques ne doivent pas être lavés seulement à l'eau bouillante, mais bien à l'eau acidulée d'acide chlorhydrique qui dissoudra le carbonate de chaux obstruant les mailles du tissu.

Quand les toiles des filtres mécaniques sont salies par des dépôts de silice et de matières organiques, le lavage à l'eau acidulée ne suffit pas ; il faut recourir alternativement au lavage à l'eau acidulée, et à l'eau alcalinisée par de la soude caustique.

Le lavage des écumes est pratiqué aujourd'hui dans toutes les sucreries soit par un procédé soit par un autre, soit à l'eau froide, soit à l'eau tiède, soit à l'eau chaude.

Les petits jus provenant du lavage sont dans la plupart des usines, employés à la confection du lait de chaux ; dans quelques unes ils servent à diluer les égoûts que l'on fait rentrer dans le travail.

CHAPITRE V

Four a chaux, chaux et acide carbonique.

Il est très important d'apporter tous ces soins à la conduite du four à chaux qui est pour ainsi dire le régulateur de l'usine.

Quand il marche convenablement, le travail des jus est rapide en même temps qu'excellent; s'il marche mal au contraire, le travail languit et devient difficile, les jus s'altèrent, et les rendements diminuent.

Il y a 5 causes principales qui peuvent diminuer la production d'acide carbonique et entraver la carbonatation.

1° *Pierre à chaux.* — La marne ne doit pas être humide, car pour obtenir le départ de l'eau il faut employer une plus grande quantité de coke, et alors si le tirage reste le même, l'accès de l'air n'est pas suffisant, et il y a formation d'oxyde de carbone nuisible à l'épuration des jus. Si le tirage est suffisant, la température augmente; la proportion de cendres apportée par le coke étant considérable, il y a formation d'un verre de chaux (silicate de chaux) qui produit le *collage*; et quand il y a collage il se produit toujours de l'oxyde de carbone, par suite d'une combustion incomplète. La pierre humide a aussi l'inconvénient de se déliter dans le four et de donner des poussières qui font obstacle à une circulation régulière de l'air. Une faible humidité de la pierre, 5 à 6 0/0 favorise au contraire le départ de l'acide carbonique. La pierre ne doit pas être friable, elle doit être cassée en morceaux convenables, ni trop gros, ni trop fins.

La pierre doit être aussi pure que possible, et ne pas renfermer de magnésie, ni surtout de silice. La silice présente les inconvénients suivants : quand la température du four est élevée, elle forme un verre avec la chaux, la magnésie, la potasse et la soude, verre qui donne lieu à des collages. Si au contraire la silice ne s'est pas transformée en silicate, elle passe avec le lait de chaux dans le jus ou elle est en partie soluble et donne lieu à des incrustations dans le triple-effet; elle obstrue aussi les toiles des filtres mécaniques de manière à les mettre rapidement hors d'usage.

Le fabricant ne saurait donc apporter trop de soin dans le choix de la pierre à chaux. Il est indispensable de bien en connaître la composition.

2° *Emploi d'une proportion trop forte de coke dans les chargements.* — Ce coke, pour brûler entraîne une grande quantité d'air atmosphérique dont l'azote se mélangeant à l'acide carbonique produit, en abaisse la proportion pour 100. D'autre part, il est bien rare quand le coke est en excès, que la combustion soit complète, et alors, il y a encore formation d'oxyde de carbone, ce que l'on reconnaît à la flamme bleue qui se forme au-dessus du chargement.

La première condition pour avoir du gaz très riche est d'employer le minimum de coke.

Théoriquement il faut 5 k. 200 de coke pur ou 5 k. 800 de coke lavé à 90 0/0 de pureté pour 100 k. de calcaire pur et alors, si la combustion est complète, si le four marche bien, la richesse du gaz en acide carbonique serait de 46 0/0. Inutile de dire qu'on atteint jamais cette richesse, parce qu'on est forcé de mettre toujours plus de 6 k. de coke pour 100 k. de calcaire

En doublant seulement ce chiffre, ce qui est déjà beaucoup, la richesse théorique du gaz devrait encore atteindre 32 0/0 environ. Or ce chiffre est encore bien rarement obtenu. C'est que généralement on emploie plus de 12 k. de coke pour 100 de calcaire. En sucrerie les charges comprennent généralement 1 volume de coke pour 5 de calcaire, ce qui représente en poids, au moins 15 0/0 de coke. Dans ces conditions, suivant que l'introduction d'air dans le four est juste ou trop abondante, la richesse du gaz en acide carbonique variera de 28 à 19 0/0.

3° *Entrée d'air par des tuyaux crevés ou par des joints mal faits.* Quand l'analyse décèle la présence d'oxygène dans le gaz il faut voir aussitôt qu'elle est l'allure du four ; si elle est régulière on peut être sûr d'une rentrée d'air par la tuyauterie. Si une inspection minutieuse ne fait rien découvrir, il faut porter ses investigations sur la marche du four : peut-être la hauteur de la masse en combustion dans le four n'est-elle pas suffisante et alors on l'augmente par quelques charges répétées plus souvent.

4° *Une trop grande quantité d'eau froide* circulant dans le lavoir dissout et entraine beaucoup d'acide carbonique. En maintenant cette eau entre 50° et 70° la perte n'est pas sensible, et le lavage du gaz se fait aussi bien.

Il est donc de la plus haute importance de contrôler souvent la richesse du gaz.

5° Il arrive souvent que la soufflerie marche trop vite ou pas assez ; il faut naturellement en régler la vitesse d'une façon convenable.

Rarement la soufflerie a des dimensions en rapport avec le travail qu'elle doit effectuer. Cherchons quelles dimensions elle doit possé-

der pour extraire du four à chaux tous les gaz produits par la combustion du coke et la décomposition du calcaire dans une usine travaillant 2.500 hectolitres de jus par 24 heures, employant à leur épuration 7.000 k. de chaux anhydre, soit 3 k. 5 par hectolitre de jus.

Les 7.000 k. de chaux exigeront 13.160 k. de calcaire à 95 0/0 de richesse, et 1253 k. de coke.

Calculons le volume de gaz produits par un four à chaux ainsi alimenté journellement[1].

1° *Gaz produit par la décomposition du calcaire :*

100 kil. de calcaire à 95 p. 0/0 de carbonate de chaux pur, dégagent, avons-nous vu. 41 kil. 800 de CO^2, lequel pèse, au sortir du laveur à gaz (c'est-à-dire à la température de 50° et à la tension de 70 c. m. de mercure.....

1 gr. 539 le litre (2)....

Les 41 kil 800 de gaz carbonique provenant des 100 kil. de calcaire, occupent donc un volume de $\frac{41 \text{ k. } 180}{1 \text{ gr. } 539} = 27.152$ litres et les 13.160 kil de calcaire fournissent un volume de gaz de 13.160 $\times$ 27.152 = 3.573 $^{m}{}_{3}$.

Telle est : 1° la quantité de CO^2 fournie par la pierre pour se transformer en chaux.

• *Gaz produit par la combustion du coke :*

Les 3^{m3},133 de coke que le four à chaux doit recevoir journellement pèsent (à 40 kil. l'hect.), 1253 kilos.

En admettant que le coke contienne 10 p. 0/0 d'humidité et d'impuretés, les 1253 kil. contiendront, en ne tenant pas compte de l'hydrogène, 1128 kil. de carbone pur, lequel pour se transformer en CO^2 doit se combiner avec 3.008 kil. d'oxygène (en proportion des équivalents de C =6 et de O =8).

Le poids du gaz carbonique est donc de

1128 kil. carbone $\times$ 3,008 kil. oxyg. = 4,136 kil.

Or, l'oxygène étant fourni par l'air, aspiré par la soufflerie (mélange de 23 kil. d'oxygène et 77 kil. d'azote), les 3.008 kil. de ce gaz seront accompagnés de 10.070 kil. d'azote.

(1) Voir Étude sur les fours à chaux et les souffleries, par Ch. Gallois, *Bulletin de l'Association des Chimistes,* tome I, page 220, année 1883.

(2) Le poids du litre de CO_2 à 0° de température et sous la pression de 76 c. de mercure est de 1 gr. 977. — Le poids du même gaz à 50° de température et à la tension de 70 c. est donné par la formule :

$$D' = \frac{D}{(1 + a\,t)\,\frac{H}{H'}} = \frac{1.977}{(1 + 0.00366)\,\frac{76}{70}} = 1 \text{ gr. } 539.$$

En transformant ces poids de gaz en volume, on trouve que les 4,136 kil. de CO^2 forment. . . . . 2.687^{m3}
et les 10.070 kil. d'azote forment. . . . . 10.300 »

Total. . . . . . 12.987^{m3}

Tel est le volume des gaz produits par la combustion du coke.

Ainsi : 1° le volume du gaz carbonique fourni par le calcaire est de . . . . 3.573^{m3}

2° le volume total du gaz carbonique et de l'azote fournis par la combustion du coke est de . . . . 12.987 »

Dont le total . . . . . 16.560^{m3}

sera le volume théorique du gaz à extraire journellement du four à chaux.

Quelle est la teneur p. 0/0 de ce volume de gaz en gaz carbonique ?

Il est facile de le déterminer, car ces 16,560^{m3} en renferment, provenant :

1° de la décomposition du calcaire . . . . . . 3.573 ^{m3} CO^2
2° de la combustion du coke . . . . 2.687 ^{m3} d°

Le total de CO^2 contenu dans les 16.560^{m3} est donc de 6.260^{m3}

d'où la proportion est de $\frac{6.260 \times 100}{16.560} = 37{,}80$ p. 0/0.

Telle est la *richesse théorique* en acide carbonique du gaz extrait du four, lorsqu'on alimente celui-ci avec *un* volume de coke contre *quatre* de calcaire.

Cette richesse eût naturellement été plus faible si on avait employé une plus grande proportion de coke puisque la quantité d'azote que celui-ci fournit est environ trois fois plus grand que la quantité de CO_2.

De toute façon on a donc intérêt à employer le moins de coke possible. Et autant qu'on le peut, les proportions que nous avons indiquées ne doivent pas être dépassées.

En pratique, on n'obtient jamais cette richesse théorique 37,80. Car, ainsi que nous l'avons dit précédemment, le gaz carbonique est accompagné, non seulement d'azote, mais encore d'oxygène, d'oxyde de carbone, etc.

De sorte qu'en général, un four marchant dans de bonnes conditions donne un gaz dont la teneur en CO^2 n'est que de 24 à 28 et au plus 30 p. 0/0.

Nous admettrons 25 p. 0/0 comme étant la richesse du gaz la plus généralement obtenue.

Il en résulte que le volume du gaz à extraire du four est plus con-

sidérable que celui calculé, il est augmenté dans le rapport de 25 à 37,80, c'est-à-dire qu'au lieu d'être de $16{,}560^{m^3}$ il est en réalité de

$$\frac{16{,}560 \times 37.80}{25} = 25{,}038^{m^3}$$

Telle est en définitive la quantité de gaz CO^2 à 25 0/0 que la soufflerie aura à enlever par 24 heures.

Dimensions de la pompe à gaz.

Avec ces données nous pouvons maintenant déterminer les dimensions de la machine à gaz.

L'effet utile de ces sortes de machines est de 66 à 70 0/0.

Pour aspirer les $25{,}038^{m^3}$ de gaz, il faudra donc faire engendrer au piston $25.038 \times 3/2 = 37.557^{m^3}$ en 23 heures, ou 435 litres par seconde.

La vitesse généralement admise par les meilleurs constructeurs pour les machines, pompes, etc., est de 0^m75 à 1^m10 par seconde.

Partisans des faibles vitesses, nous admettrons 0^m83.

Nous admettrons encore avec ceux-ci une course égale aux deux tiers environ du diamètre du cylindre à gaz.

En effectuant les calculs nous trouverons :

Surface du piston à gaz	$0^{m^2},5240$
Diamètre du cylindre.	0^m 82
Course du piston.	0.54
Nombre de tours du volant par minute..	46

Telles sont les dimensions d'une soufflerie pour un travail de 200,000 kilos de betteraves par 24 heures.

A l'aide de ces résultats, on calculera facilement les dimensions d'une soufflerie destinée à effectuer un travail déterminé quelconque.

En effet, le travail à effectuer, exprimé en tonnes de betteraves, est proportionnel à la quantité de chaux employée dans le jus et par conséquent au volume de gaz à extraire du four à chaux, ou au volume engendré par le piston, ou encore proportionnel (à cause de la vitesse constante — 0^m83) à la surface du piston.

Travail à effectuer.	Diamètre.	Course.	Nombre de tours par minute.
Pour 100.000 kil. better.	0^m57	0^m40	62
200.000 »	0.82	0.54	46
300.000 »	1^m	0.66	37
400.000 »	1.15	0.75	32
500.000 »	1.29	0.85	29
600.000 »	1.40	0.92	25

En effectuant ces calculs, nous pourrons dresser le tableau précé dent des principales dimensions de souffleries.

Ces dimensions sont sensiblement plus fortes que celles données par la généralité des constructeurs.

Section des tuyaux.

Si les machines à gaz sont généralement trop faibles pour le travail qu'on exige d'elles, il n'en est pas de même des conduites qui sont très souvent inutilement trop fortes.

Les constructeurs leur donnent une section égale au dixième environ de la section du cylindre à gaz.

Or, le frottement des gaz dans une conduite en métal étant très faible, on peut sans inconvénient les y faire circuler avec une grande vitesse, soit 16, — 20, — 50 mètres et plus par seconde.

En adoptant 15 mètres de vitesse, la section de la conduite nécessaire permettant à notre soufflerie d'aspirer 435 litres par seconde, sera de 290 centimètres carrés, soit le vingtième environ de la section du cylindre.

Ainsi, dans notre exemple, le diamètre largement suffisant de la conduite à gaz, sera donc de 20 centimètres.

Force nécessaire.

La force nécessaire pour actionner notre soufflerie est déterminée par les résistances dues à l'aspiration, au refoulement et par le frottement des organes mêmes de la machine.

Calculons d'abord la résistance due à la hauteur du jus dans la chaudière sous laquelle le gaz se dégage.

Admettons cette hauteur égale à un mètre.

Le poids de l'hectolitre de jus, additionné de sa chaux est d'environ 108 kilos.

Le poids sur la face du piston sera donc :

5.240$^{c^2}$ × 0 kil. 108 = ... 565 k. 92

Par des expériences directes, nous avons trouvé que les résistances dues à l'aspiration, au passage de l'air et du gaz dans la masse du four, aux frottements dans les conduites (lesquelles ont, dans cette expérience, 80 mètres de longueur et 0 m. 20 de diamètre) faisaient équilibre à une colonne de mercure de 6 à 7 centimètres, c'est-à-dire à une colonne d'environ 0 m. 90 de hauteur. La charge sur le piston est donc de ce chef, 5.240 × 0 kil. 90 = ... 471 60

Total. . . . . 1.037 k. 52

La vitesse de la machine étant 0 m. 83 par seconde, la force en chevaux sera $\frac{1.037 \text{ k. } 52 \times 0 \text{ m. } 83}{75}$ = 11 chevaux 48, auxquels pour tenir compte des frottements des organes de la machine et pour être large nous ajouterons 2 chevaux 1/2.

En définitive, la force nécessaire pour notre soufflerie est de *14 chevaux-vapeur*.

Dans notre exemple, les résistances sont de deux sortes, les premières, *résistances passives*, sont dues à l'aspiration, aux frottements.

Elles sont à peu près constantes.

Les secondes dues au refoulement sont variables, elles sont exactement proportionnelles à la hauteur du jus dans les chaudières à carbonater. Il y a donc grand intérêt à donner au jus dans la chaudière, la hauteur minima.

Quelle est cette hauteur minima ?

La hauteur du jus à carbonater a une limite minima qu'il n'est pas possible de dépasser sous peine d'entraver et de paralyser les carbonatations.

Le pouvoir de combinaison de l'acide carboniqur est, en effet, en raison directe de la hauteur de la masse du jus chaulé qu'il traverse.

Plus la hauteur de cette masse sera grande et mieux le gaz carbonique sera utilisé. Avec une hauteur trop faible, la perte d'acide traversant le jus sans produire d'effet serait trop considérable.

Cependant il ne faut pas croire qu'il faille s'appliquer à utiliser *tout* le gaz carbonique car on en produit près de deux fois la quantité nécessaire à la carbonatation.

Nous avons vu, en effet précédemment que le calcaire employé journellement produit. . . . . 3.573^{m3} CO^2
et le coke. . . . . 2.670 »
c'est-à-dire que celui-ci en fournit les 75 p. 0/0 du calcaire.

Or nous avons besoin que d'une quantité de CO^2 égal à celui qui a produit la pierre à chaux, car par la carbonation, que faisons-nous ? sinon ramener à l'état de carbonate, la chaux dissoute dans le jus et qui pour cela n'a besoin que du CO^2 que la calcination lui a fait perdre.

Eh bien ! avec une hauteur de jus de 1 m., on utilise certainement plus des 50 p. 0/0 du gaz carbonique extrait du four à chaux.

A la sucrerie de Francières, ou les chaudières à carbonater ont 0 m. 85 de hauteur de jus seulement, la carbonatation se fait sans aucune difficulté avec du gaz titrant généralement 25 0/0 d'acide carbonique et en utilisant pour le jus *toute la chaux* produite par le four.

Donc, en général, il faut limiter à 1 m. au maximum, la hauteur du jus dans les chaudières.

Mais il est bien entendu que c'est à la condition de ne pas perdre trop de gaz par la soupape de dégagement ou de sûreté dont sont munies toutes les carbonatations.

C'est, en effet, ce qui arrive lorsque l'ouvrier ne règle pas convenablement la marche de la carbonatation, lorsque dans certains moments, par exemple, tous ses robinets de gaz sont ouverts, tandis que dans d'autres, ils sont presque tous fermés. Dans ce dernier cas, la perte du gaz carbonique au dehors est considérable et il peut alors arriver qu'il en manque pour les opérations subséquentes.

Soupape de retour

C'est pour éviter ces pertes anormales que nous avons conseillé l'emploi d'une soupape de retour, reliant la conduite de refoulement à la conduite d'aspiration et renvoyant à chaque coup de piston dans celle-ci, l'excédent de gaz non utilisé par les jus des chaudières à carbonater.

Nombre de chaudières à carbonater

Le nombre de chaudières à carbonater n'est pas indifférent. Nous estimons que le nombre *trois* est celui auquel on doit donner la préférence. Il assure une bonne utilisation, une utilisation suffisante du gaz carbonique; on a ainsi toujours deux chaudières en activité pendant que la troisième est en vidange ou en chargement.

Dans ces conditions la quantité de gaz employé est à peu près régulière et constante et le gaz est suffisamment utilisé.

Dimensions des chaudières à carbonater

Comme la carbonatation dure à peu près trois heures, — temps de vidange et remplissage compris, — la même chaudière fonctionnera huit fois pas 24 heures.

Nous aurons ainsi vingt-quatre chaudières par 24 heures.

La capacité *utile à* leur donner sera donc de 100 hectolitres, avec une hauteur de jus de 1 m. jusqu'au robinet de jauge et 3 m. 33 de côté.

Ces dimensions prévoient que 200.000 kil. de betteraves peuvent donner 2.500 hectolitres de jus.

CHAPITRE VI.

Sirops, Évaporation et Cuite.

Il est important que les sirops soient alcalins, pour la bonne conservation des produits. Une bonne alcalinité est de 0 gr. 50 CaO par litre. Une alcalinité supérieure, si elle consiste en chaux, est nuisible. Une alcalinité inférieure à 0 gr. 50 est insuffisante, et la fermentation, la mousse des bas produits sont à redouter.

Un bon sirop normal doit pouvoir se conserver au moins 2 jours sans s'altérer, sans devenir louche et sans perdre de son alcalinité. Quand il perd rapidement son alcalinité, la fermentation est à craindre dans tous les bas produits. Des essais d'alcalinité doivent être faits de trois heures en trois heures, sur du même sirop conservé ; si l'alcalinité baisse graduellement, il faut veiller à la carbonatation et à la saturation.

Les sirops doivent toujours être concentrés au même degré Baumé, si l'on veut avoir des cuites à grains réguliers.

Quand les sirops ne sont pas encore entrés dans l'appareil à cuire, il vaut mieux précipiter l'excès de chaux que de le saturer par l'acide chlorhydrique. On peut employer pour celà le phosphate acide de chaux, qui a la propriété de produire en plus une décoloration très appréciable. Naturellement, il faut filtrer les sirops ainsi traités.

Pour le triple effet et la cuite, nous conseillons les indicateurs à vide Horsin-Déon, qui nous paraissent préférables aux indicateurs métalliques. Ils donnent des renseignements très exacts sur les pressions et les températures de — 1 à + 1 atmosphère. Une échelle graduée en centimètres de mercure et températures correspondantes placée derrière le tube manométrique, permet une lecture facile Une boule de purge située au bas de l'appareil empêche l'eau condensée de venir s'amasser sur le mercure et fausser les indications.

Il arrive souvent que la cuite est grasse, qu'elle se fait lentement, que les sirops ne veulent pas cuire.

Ce phénomène provient ordinairement soit d'une très grande alcalinité des sirops, soit de la présence d'une grande quantité de matières organiques.

Quand cet accident est dû à la première cause, il faut naturellement porter tous ses soins à la deuxième carbonatation et saturer

d'avantage les jus. On peut ramener la cuite à son état normal en saturant par un acide l'alcalinité libre. Pour cela on détermine l'alcalinité de la masse cuite, comme nous l'avons indiqué, et on ajoute de l'acide chlorhydrique ou sulfurique dilué dans 5 ou 6 fois son volume d'eau de manière à saturer la plus grande partie de l'alcalinité.

Pour saturer 100 kil. de CaO, il faut 80 kil. d'acide chlorhydrique anhydre; si l'on emploie de l'acide à 21°, comme cet acide contient 34.66 0/0 de HCl, il faudra en employer 230 kil.

Si l'on trouve par exemple 0 kil 300 de CaO par 100 kil. de masse cuite, il faudra y ajouter assez d'acide chlorhydrique pour saturer 0 kil. 200 de chaux, ce qui fait $\frac{230 \times 0{,}200}{100} = 0$ kil. 460 d'acide chlorhydrique à 21° B.

L'acide chlorhydrique doit être préféré à l'acide sulfurique; ce dernier acide, en effet, donnerait lieu à du sulfate de chaux insoluble qui encrasserait les serpentins.

Quand une cuite devient grasse par suite de la présence d'une trop grande quantité de matières organiques dans les sirops, le mal es sans remède; mais on en prévient le retour par une épuration plus soignée des jus: il faut mettre plus de chaux à la première carbonatation, et en quantité telle que l'on puisse laisser dans les jus de cette première carbonatation 1 gr. 50 d'alcalinité exprimée en CaO par litre.

CHAPITRE VII.

Turbinage.

Le turbinage du sucre ne saurait être trop surveillé. Les turbines doivent être montées d'une façon irréprochable et faire environ 1.200 tours à la minute. Les toiles doivent être aussi fines que possible pour retenir les plus petits cristaux et ne livrer passage qu'au sirop qui les imprègne.

Quand on fait du sucre blanc avec les premiers jets, comme c'est le cas de la majorité des fabriques, il est préférable de ne pas trop serrer les cuites, et de les turbiner immédiatement pendant qu'elles sont très chaudes ; l'épuration se fait mieux, les eaux-mères étant plus fluides. La claircé doit être chaude et aussi concentrée que possible ; on ne doit faire agir que de la vapeur détendue sèche et en turbine fermée.

L'écart de rendement entre un bon et un mauvais turbinage peut être de 5 à 10 kil. de sucre par hectolitre de masse cuite 1er jet.

Quand on turbine les premiers jets en roux, il vaut mieux, au contraire, faire cette opération à froid.

La freinte au turbinage provient de deux causes : des grains fins qui passent à travers la toile de la turbine, et de la fonte du sucre par la clairce.

On évitera la première cause en ayant de bons cuiseurs et en alimentant la cuite avec des sirops ayant toujours la même densité.

On évitera la seconde en clairçant, comme nous l'avons dit, avec des sirops aussi concentrés que possible et en employant de la vapeur sèche, détendue et surchauffée.

Nous indiquons dans une autre partie de l'ouvrage une méthode d'évaluer la freinte au turbinage.

Beaucoup d'usines font aujourd'hui la séparation des égouts en deux parts : égouts pauvres produits depuis le commencement du turbinage jusqu'au moment de claircer ; égouts riches produits à partir du moment où l'on commence à claircer.

Les égouts riches sont rentrés soit directement à la cuite, soit dans les sirops au sortir du triple-effet et avant filtration, soit à la deuxième carbonatation. La rentrée à la cuite a l'inconvénient de modifier la densité des sirops ce qui gêne le cuiseur et engendre

souvent la production de petits grains dans la masse cuite. Il en est de même de la rentrée dans les sirops.

La rentrée des égouts à la deuxième carbonatation produit une certaine épuration sur la valeur de laquelle on n'est pas encore fixé ; mais elle a pour inconvénient de donner des écumes beaucoup plus riches en sucre et d'exposer à une perte plus grande dans ces résidus, si on n'a pas la précaution de bien les laver.

Quoi qu'il en soit, la rentrée des égouts riches est aujourd'hui indispensable, et elle est le complément obligé d'un bon travail. Elle augmente considérablement le rendement du sucre premier jet et ne gêne en rien la cuite, car ces égouts ont au moins la pureté des masses cuites que l'on produisait avant la loi de 1884.

La quantité d'égouts rentrés est variable. Certains fabricants en rentrent jusqu'à 1 litre 50, 2 litres et même 2 litres 50 par 100 kil. de betteraves et augmentent ainsi leur rendement en sucre premier jet de 0 kil. 800 à 1 kil. pour 100 de betteraves. D'autres ne rentrent que 0 litre 50 à 1 litre d'égout par 100 kil. de betteraves.

Quand on rentre plus d'un litre d'égout par 100 kil. de betteraves, on fait généralement une liquidation tous les huit jours.

Nous pensons qu'on peut rentrer à la deuxième carbonatation tous les égouts dont la moyenne a un coefficient salin supérieur à 16 ou 17, et cela sans nuire à la masse cuite, en liquidant tous les huit ou dix jours.

M. Manoury a proposé le système suivant qui nous paraît assez rationnel.

Il fait rentrer l'égout riche à la deuxième carbonatation, soit 30 0/0 de l'égout total ; la moitié des égouts pauvres à la diffusion, soit environ 35 0/0 de l'égout total, et il transforme le reste en sucrate de baryte qu'il emploie au chaulage des jus de deuxième carbonatation.

Ajoutons que M. Thomas a imaginé un dispositif fort bien compris pour la séparation automatique des égouts au turbinage.

CHAPITRE VIII

Fermentation mousseuse des bas-produits dans les bacs d'empli.

Nous résumons ici ce qu'ont écrit sur ce sujet MM. Durin (1), O. Von Lippmann (2), P. Horsin-Déon (3), Cyrille Pierrot (3), Brunehant (3).

M. Lippmann a examiné une masse cuite de deuxième jet présentant la fermentation mousseuse.

La masse était remplie de bulles d'acide carbonique, avec une alcalinité de 0,14, foncée et libre d'organismes ; elle contenait des acides gras et de la cholestérine (1,25 0/0) et donnait avec l'alcool un précipité de galactane (?) se transformant en acide mucique par l'acide nitrique. Son pouvoir réducteur équivalait à 0,35 de sucre interverti. La polarisation directe était 72,22 et après inversion 65,10, les cendres s'élevaient à 8,16 0/0, l'eau à 10,11 0/0. Par la distillation avec l'acide sulfurique on obtient une quantité notable d'acide formique. La potasse donna de l'ammoniaque correspondant à 1,10 0/0 *Az*.

L'auteur recommande, pour éviter la fermentation mousseuse des bas-produits, de faire bouillir fortement pendant dix minutes le jus de betterave avec la chaux ; de le séparer du précipité et ensuite de carbonater en laissant une alcalinité très faible après la seconde carbonatation. Il est bon aussi de traiter le sirop par l'acide sulfureux.

La fermentation mousseuse n'est pas une vraie fermentation, au sens exact du mot ; c'est plutôt une décomposition chimique du sucre, caractérisée par un grand développement d'acide carbonique et production d'acide formique qui finit par donner à la masse une réaction acide persistante. La cause de ce phénomène réside dans l'agglomération de matières organiques de composition spéciale. En éliminant ces substances par un traitement approprié des jus, la fermentation mousseuse peut être évitée.

(1) *Bulletin de l'Association des Chimistes*, tome IV, n° 8, année 1886, page 223.

(2) Chemicker Zeitung Repertorium, 1888, — 22, — 178.

(3) Rapport de M. P. Horsin-Déon sur le Questionnaire de l'Association des Chimistes, *Bullelin de l'Association*, n° août-septembre 1890, p. 159.

M. P. Horsin-Déon pense que ce phénomène est due à la fermentation visqueuse qui consiste en la transformation du sucre en mannite, gommes, acide carbonique et eau, sans formation de glucose. La mannite disparaît en se combinant aux acides organiques et il ne reste plus que les gommes qui rendent la masse visqueuse.

M. Pierrot pense que sous l'influence de la température élevée des emplis il y a décomposition des matières organiques et formation d'acides. Ceux-ci agissent d'abord sur les carbonates que contiennent toujours assez abondamme t les cuites non alcalines, et, dès lors, dégagement de gaz inoffensifs. Quand les carbonates sont saturés, c'est le sucre qui se trouve atteint. Si l'on n'y remédie pas, il y a d'abord fermentation visqueuse, puis fermentation alcoolique. Avant la fermentation alcoolique la masse se soulève sans qu'il y ait souvent du glucose en quantité appréciable. Le remède qu'il propose est l'addition de soude caustique et la grande propreté des bords des bacs.

M. Brunehant a constaté que les mousses apparaissent quand la première carbonatation est défectueuse.

M. Martin a constaté que les mousses apparaissent toujours avec les betteraves gelées. Il conseille de les enlever au fur et à mesure de leur formation.

M. Beaudet a constaté plusieurs espèces de mousses. La seule dangereuse, dit-il, est celle sous laquelle se forme une croûte. Comme remède, il propose de mouvronner la masse avec un corps gras et de la soude caustique.

M. Durin a constaté une altération plus profonde des sirops, altération due à un chauffage exagéré dans les emplis. Le sirop s'acidifie fortement, il y a formation plus ou moins abondante de glucose, le sucre se transforme peu à peu en caramel; quelquefois cette transformation est violente au point d'amener une grande élévation de température.

Si, dans ce sirop, les nitrates prédominent, on peut arriver à une carbonisation plus ou moins avancée; souvent on a trouvé le contenu du bac transformé en un bac de matière noire plus ou moins semblable à du coke. Il lui semble que cette tranformation en caramel s'effectue par une rétrogradation du sucre qui perd peu à peu son eau.

Il a pu arrêter cette décomposition en en supprimant la cause, c'est-dire la chaleur.

En résumé, les mousses se produisent dans les bacs d'empli quand les sirops ne sont pas suffisamment alcalins et que la carbonatation a laissé à désirer; elles peuvent être activées par une température trop élevée. Conclusion : Soignez les carbonatations et les emplis.

CHAPITRE IX.

Contrôle du travail de l'osmose.

On pratique l'analyse sur cinq produits différents :

1° Le sirop ou mélasse mise en osmose ;

2° Le sirop osmosé ;

3° Les eaux d'exosmose, et comme contrôle de ces analyses :

4° La masse cuite osmosée ;

5° Les eaux d'exosmose concentrées.

L'analyse chimique de ces divers produits doit déterminer :

1° La densité du liquide au moyen du densimètre ;

2° Le degré Baumé ;

3° Les substances totales dissoutes pour 100 en poids, ou degré *Brix-Dupont*, donné par la table 19.

Pour les eaux d'exosmose non concentrées, comme on fait ordinairement l'analyse sur un volume de liquide et non sur un poids, on doit prendre le *degré Vivien*.

4° La quantité de sucre, par le saccharimètre ;

5° La quantité de cendres diminuée de 1/10 ;

6° La quantité de glucose ;

7° La quantité de dérivés du glucose ;

8° L'alcalinité en chaux ;

9° La chaux totale qui se trouve à l'état d'organates de chaux, — par l'hydrotimétrie ;

10° Les matières organiques, par différence ;

11° L'eau, par dessication en plaqnes minces, en notant les caractères que présente la dessication des mélasses avant et après osmose.

12° Le coefficient salin, ou rapport du sucre aux sels, et qu'on appelle encore, sucre pour 1 de sels $= \frac{\text{Sucre}}{\text{Cendres}}$;

13° Le coefficient organique, ou rapport du sucre aux matières organiques $= \frac{\text{Sucre}}{\text{matières organiques}}$;

14° Le degré de pureté $= \frac{\text{Sucre} \times 100}{\text{Matières totales dissoutes}}$;

15° Le quotient calcique ou chaux totale pour 100 de sucre ;

16° Le quotient d'impureté ou impuretés totales pour 100 de sucre.

A l'aide de ces renseignements on peut calculer :

a) La quantité de sucre libre, susceptible de cristalliser, en prenant pour base le coefficient mélassimétrique 3.50, c'est-à-dire en supposant que 1 de sels empêche de cristalliser 3.50 de sucre. Ainsi pour une masse cuite osmosée (voir le tableau suivant) contenant 58.10 de sucre et 8.45 de cendres, le sucre libre susceptible de cristalliser sera pour 100 kil. de $58.10 - (8.45 \times 3.50) = 28.53$, et par hectolitre de $\frac{28.53 \times D}{100}$, D étant le poids de l'hectolitre. Le sucre libre constitue le *rendement probable* à la turbine. En supposant que le sucre brut polarise 96, il faudrait augmenter d'environ 4 0/0 le sucre libre pour avoir le rendement réel à la turbine.

b) Le *quotient saccharimétrique libre* ou le sucre libre, susceptible de cristalliser pour 100 de sucre total, $\frac{28.53 \times 100}{50,10} = 49.10$.

c) Le sucre immobilisé à l'état de mélasse ; on l'obtient en multipliant les cendres par 3.50, soit $8.45 \times 3.50 = 29.57$, ou en retranchant le sucre libre du sucre total $58.10 - 28.53 = 29.57$.

d) Le quotient mélassimétrique ou le sucre devant rester à l'état de mélasse pour 100 de sucre total ou $\frac{49.10 \times 100}{58.10} = 50.50$.

e) La quantité de mélasse finale restant après le turbinage. Comme cette mélasse contient environ 46 pour 100 de sucre à 40° Baumé, on en obtient approximativement le poids que fournira la masse cuite osmosée par le calcul suivant : $\frac{100 \times 29.57}{46} = 64.282$ pour 100 de son poids.

Les différentes déterminations de l'analyse chimique, telles qu'elles ont été indiquées ci-dessus, vont être examinées au point de vue des renseignements qu'elles peuvent fournir au travail pratique de l'osmose.

La *densité*, le *degré Baumé*, le *degré Brix-Dupont* des liquides à osmoser et osmosés indiquent pour les sirops ou la mélasse mise en osmose le point de départ de l'osmose et la quantité relative des sels qui doivent être éliminés. Ainsi, si l'on soumet à l'osmose une mélasse marquant 38° Baumé et l'autre marquant 42° Baumé et que chacune de ces mélasses porte à la sortie de l'osmogène 15°, on pourra en conclure avec certitude qu'il y aura plus de sels éliminés et plus de sucre cristallisable régénéré par l'osmose, dans la mélasse mise en travail à 42° Baumé que dans celle qui ne marque que 38°. Le devoir du chimiste, dans ce cas, est d'avertir le fabricant de ce fait, afin de rectifier ou de faire rectifier le travail des turbines de manière à maintenir les sirops d'égoût de 40° à 42°.

Le tableau suivant représente les résultats d'analyses faites sur les produits d'une osmose de sirops égouts de 3ᵉ jet.

	Sirop avant osmose 0/0 en poids. 1	Sirop après osmose 0/0 en poids. 2	Gain.	Eaux d'exosmose 0/0 cc. 3	Masse cuite osmosée 0/0 en poids. 4	Gain.	Eaux concentrées 0/0 en poids. 5
Degré Baumé	40.4						
Densité	139						
Brix-Dupont ou matières totales	76.1	24.40		2.613	89.65		75.20
Sucre	44.20	15.70		0.891	58.10		24.80
Non-Sucre	31.90	8.70		1.722	31.55		50.40
Cendres	12.60	2.29		0.963	8.45		22.50
Matières organiques	19.30	6.41		0.759	23.10		27.81
Glucose	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00
Dérivés du glucose	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00
Alcalinité totale en CaO.	0.47	0.15		0.17	0.55		0.25
Alcalinité libre en CaO.	0.21	0.04		0.05	0.21		0.13
Chaux par l'hydrotimétr.	0.39	0.178		0.030	0.65		0.39
Eau (par dessication)							
Eau (par différence)	23.80	75.60		98.387	10.35		24.80
Cœfficient salin	3.65	6.85	3.20	0.92	6.87	3.22	1.09
— organique	2.80	2.44		1.17	2.51		0.84
Degré de pureté	58.08	64.34	6.26	34.50	61.80	6 72	32.90
Quotient d'impureté	72.17	55.41		193.20	54.30		203.20
Quotient calcique	0.87	1.45		3.36	1.11		1.58
Rendement probable au cœfficient 3.50	1.40	7.69	6.59		28.53		
Quotient saccharimétrique libre	2.49	48.97			49.10		
Sucre devant rester à l'état de mélasse	43.10	7.01			29.57		
Quotient mélassimétrique	97.51	51.03			50.90		

La densité du sirop osmosé indiquera la vitesse avec laquelle l'alimentation de la mélasse à l'osmogène doit se faire pour obtenir le degré d'osmose normal que l'on veut atteindre.

Si l'analyse a établi que le sirop osmosé doit couler à l'éprouvette à 15°, lorsque ce degré sera plus élevé, c'est que l'alimentation sera trop forte, lorsqu'il sera plus bas, c'est que la mélasse ne coulera pas assez vite à l'osmogène.

La densité des eaux d'exosmose au-dessus du degré que l'on veut

obtenir, indiquera que l'eau n'a rive pas à l'osmogène en suffisante quantité. Elle arrivera en trop grande quantité quand le degré des eaux d'exosmose sera trop faible.

La densité des mélasses osmosées, comparée aux résultats des analyses indiquera également, après diverses expériences comparatives, la densité à réaliser pour l'élimination d'une quantité de sels déterminée au coefficient cherché; c'est-à-dire au coefficient 1 reconnu par la pratique comme résultat de l'application de l'osmose dans les conditions les plus économiques.

Les déterminatious du sucre par rotation et des sels par l'incinération sulfurique corrigés par le coefficient 0,9 donnent le moyen d'établir le coefficient salin, et, par le coefficient s lin, la quantité de sucre cristallisable qui se trouve libre dans la mélasse ou dans le sirop soumis à l'osmose, et la quantité de sucre qui s'y tr uve immobilisée à l'état de mélasse. Pour que l'osmose soit profitable il faut qu'elle relève le coefficient salin d'au moins 2 à 3 degrés.

En comparant le produit entrant en osmose, sirop ou mélasse, et les produits de l'osmose, sirops osmosés et eaux d'exosmose, on détermine la quantité de sucre rendu libre, la quantité de mélasse qui s'y trouv et par suite le rendement en sucre et en mélasse que doivent fournir les produits osmosés soumis à la cristallisation.

Dans la plupart des cas le rendement industriel se rapproche du rendement déduit de l'analyse, et les cas où on ne l'obtiendrait pas peuvent être prévus par les résultats mêmes de l'analyse. Ainsi, par exem le, si l'on pratique la détermination du coefficient salin, du quotient saccharimétrique libre et du quotient mélassimétrique sur les masses cuites osmosées et sur les sirops osmosés à leur sortie de l'osmogène à un moment donné et que l'on compare entre eux les nombres obtenus, on pourra reconnaître, si le travail de l'osmose a été pratiqué avec la régularité qu'il exige ; si ces quotients diffèrent entre eux, on pourra en conclure que le travail de l'osmose a été mal conduit.

La même comparaison faite avec les eaux et la mélasse d'exosmose donnera la mesure de l'effet épurant de l'osmose

Le coefficient salin indique le rapport des cendres au sucre, dans le liquide soumis à l'osmose, dans le liquide et la masse cuite osmosée et dans les eaux et la mélasse d'exosmose : la comparaison entre les nombres obtenus donne la mesure de l'effet utile produit c'est-à-dire la quantité de sels éliminés par l'osmose et la quantité de sels restant à élimider.

La détermination du glucose sucre et des dérivés de glucose a également une grande importance ; elle indique si le liquide contient du glucose à l'état de sucre, s'il est en voie d'en former de nouvelles quantités et si la quantité existante permet d'employer des moyens

d'empêcher la continuation de sa formation. S'il n'existe pas de glucose à l'état de sucre, mais seulement des dérivés on pourra en conclure que le glucose a pris naissance, soit pendant la conservation de la betterave, soit dans les jus avant la défécation ; on pourra en conclure que ce glucose ne s'est pas produit pendant les opérations de la fabrication, que la cause qui l'a produit n'existe plus et que, par conséquent, il n'est pas nécessaire d'y porter remède.

La détermination de l'alcalinité libre a une grande importance, les mélasses alcalines seules étant à l'abri des altérations du sucre.

Lorsque l'alcalinité n'est pas suffisante, il est indispensable d'ajouter de la soude caustique dans le sirop osmosé. Cette addition est d'autant plus nécessaire que l'alcali contenu dans les sirops et mélasses soumis à l'osmose passe en grande partie dans les eaux d'exosmose et que les masses cuites osmosées en contiennent toujours moins avant qu'après l'osmose.

La dessiccation en couches minces du liquide avant et après osmose peut aussi indiquer l'état d'altération des liquides sucrés et même leur tendance à éprouver ce que l'on appelle la fermentation et la transformation du sucre cristallisable en glucose, selon que cette dessication se fait avec ou sans mousse ; le liquide sucré ne contient pas de sucre incristallisable et n'a même aucune tendance à la fermentation, lorsque la dessication se fait sans mousse ; lorsque la mousse est peu prononcée, et ne se forme qu'à la surface de la couche desséchée, il n'existe pas encore de sucre incristallisable, mais on peut être convaincu que cette transformation se produira pendant les opérations de l'osmose, si l'on n'y porte remède. Lorsque toute la couche de matière sèche est devenue mousseuse, c'est qu'il existe du sucre incristallisable, et il est le plus souvent trop tard pour employer les moyens d'en empêcher la transformation.

La dessication permet encore de déterminer la quantité de matières sèches, d'en déduire le degré de pureté, et, ce qui est préférable, le degré d'impureté. Il établit directement le rapport des matières étrangères au sucre dans les différents liquides sucrés et permet d'apprécier par des nombres faciles à saisir les rapports de pureté qu'ils présentent entre eux et le degré d'amélioration qu'ils ont éprouvé par l'osmose.

La détermination de la chaux fait apprécier la quantité de chaux qui existe dans les liquides sucrés soumis à l'osmose et leur degré d'accumulation dans les sirops osmosés.

La quantité de chaux préexisténte et celle qui s'accumule dans les sirops par plusieurs osmoses successives, peut devenir, lorsqu'elle

se trouve assez élevée, une cause importante de réduction de rendement en sucre des masses cuites osmosées. Ce sont les sels de chaux qui donnent aux jus, sirops et mélasses, cette viscosité que l'on désigne en fabrication sous le nom de sirops gras, de matières grasses, etc. Quand ces sels de chaux existent en suffisante quantité pour s'élever à 0,20 pour 100 dans les sirops à 40° B, ou au coefficient calcique 0.5, il devient indispensable d'avoir recours à l'emploi du carbonate de soude ou mieux à l'épuration au moyen du phosphate acide de baryte.

Le coefficient organique déterminera la quantité de matières étrangères qui accompagnent le sucre, dans les liquides sucrés soumis à l'osmose, soit dans les liquides osmosés, soit dans les eaux d'exosmose ; il servira à établir les rapports que présentent entre eux ces divers liquides par rapport aux matières organiques qu'ils contiennent et à éclairer un point jusqu'à présent controversé : le rôle mélassigène des matières organiques dans la formation de la mélasse.

Deux masses cuites osmosées ayant même coefficient salin ne donnent pas toujours le même rendement en sucre. Celle qui contient le plus de matières organiques aura un rendement moindre.

Si les coefficients salins et les coefficients organiques sont les mêmes, le rendement dépendra de la nature des impuretés organiques et minérales.

On peut admettre que la masse cuite qui contiendra le plus de chlore, calculé en chlorure de potassium, pour 100 de cendres, sera celle qui donnera le rendement en sucre le plus élevé. Voilà pourquoi il est quelquefois utile de doser le chlore dans les mélasses.

Dosage du chlore. — On calcine légèrement dans une capsule de porcelaine 10 gr. de mélasse : on épuise sur un filtre la masse calcinée à l'aide de l'eau distillée bouillante et on fait un volume de 200 cc. sur lesquels on dose le chlore, comme il est indiqué à l'*analyse* de l'eau.

Rendements des égoûts ou mélasses en sirops osmosés et en eaux d'exosmose.

Appelons :

1 La quantité de mélasse ou égouts mis en œuvre ;
x La quantité de sirop osmosé ;
y — d'eaux d'exosmose ;
p Le quotient de pureté de la mélasse avant osmose ;
r — — — osmosée ;
p' — — des eaux d'exosmose ;

On a :

$$x + y = 1; \qquad p = p'x + ry$$

$$x = \frac{p - r}{p' - r}; \qquad y = \frac{p' - p}{p' - r}$$

Ce calcul n'est pas rigoureux, car il s'appuie sur le degré de pureté qui n'a qu'une valeur très relative. Il vaut mieux déterminer tous les jours ou toutes les semaines les quantités de produits mises en œuvre et obtenues.

A l'aide de ces renseignements et de ceux fournis par l'analyse on calcule la perte en sucre et la quantité de sels éliminés par l'osmose.

Dans l'exemple que nous avons choisi, 100 kil. de mélasse ayant donné, comme on le verra plus loin, 66 kil. 210 de masse cuite osmosée et 23 kil. 180 de masse cuite d'eaux d'exosmose concentrées on peut, à l'aide des analyses résumées dans le tableau précédent, calculer la perte en sucre et la valeur de l'épuration de la manière suivante:

Mélasse employée.	100 k.	
Masse cuite osmosée.	66	210
Eaux d'exosmose concentrées	23	180
Sucre passé dans les eaux d'exomose.	5	748
Sucre — — 0/0 de sucre total	13	000
Sels passés dans les eaux	5	23
Sels éliminés — 0/0 de sels totaux.	41	50
Matières organiques passées dans les eaux.	6	50
— éliminées — 0/0 de mat. org.	33	67
Non-sucre passé dans les eaux	11	68
— éliminé — 0/0 de non-sucre. . .	35	61

A quel degré doit-on osmoser ? — Le degré auquel la mé lasse doit être osmosue est très variable et dépend de sa richesse et de sa pureté.

En général, pour obtenir des eaux d'exosmose au coefficient salin de 1, on doit osmoser :

1° A 20° Baumé chaud, au sortir de l'osmogène — ou à 23 ou 24° à froid — les sirops au coefficient salin 6, ayant pour composition :

Sucre 60 0/0.

Sels 10 0/0.

2° A 17° Baumé chaud, — soit environ 20° froid — les sirops au coefficient salin de 4.5 et contenant :

Sucre 54 0/0.

Sels 12 0/0.

3° A 13° Baumé chaud, au sortir de l'osmogène, — soit 15 à 16° Baumé froid, — les sirops au coefficient salin de 3.55 et contenant environ :

Sucre 48 0/0.

Sels 13.50 0/0 (1).

Si les sirops ayant la composition ci-dessus contiennent peu de glucose ou plus de 0,20 0/0 de chaux à l'hydrotimètre, il est nécessaire de les osmoser à 2° ou 3° Baumé plus bas, pour obtenir la même épuration.

Les eaux d'exosmose ne doivent pas peser plus de 2 à 3° Baumé à froid.

Comme on les concentre en général dans les deux dernières caisses du triple-effet, la première servant à concentrer les sirops osmosés, on les fait à un degré tel que le triple effet puisse les évaporer sans chômer.

C'est l'analyse des sirops avant et après l'osmose et des eaux d'exosmose qui indique le degré auquel on doit osmoser.

Température à laquelle on doit osmoser. — L'osmose à une basse température, 60 où 80° C donne des sirops plus purs et des eaux plus riches en sels ; mais le travail marche lentement.

La chaleur favorise la rapidité de l'osmose ; mais elle fait passer plus de sucre dans les eaux d'exosmose.

La température de 90° pour la mélasse et celle de 100° pour l'eau, sont celles qui conviennent le mieux au travail de l'osmose.

Quels sirops doivent être osmosés ? — Il est inutile d'osmoser des sirops dont le coefficient salin est supérieur à 6°, parce qu'ils peuvent encore abondamment cristaliser.

Les mélasses contenant du glucose, surtout si la proportion dépasse 1 0/0, ne peuvent être osmosées avec profit.

Les mélasses contenant beaucoup de chaux, et surtout *d'organates de chaux*, sont réfractaires au travail osmotique, parce que les sels de chaux sont peu diffusibles. Quand on veut soumettre une

(1) Nous construisons des pèse-sirops d'osmose et des pèse-eaux d'exosmose gradués à 80° de température marquant dans les liquides chauds sortant des osmogènes, le même degré qu'indiquerait un pèse ordinaire à la température de 15°.

Après des essais répétés, nous sommes parvenus à trouver une composition spéciale de verre résistant assez bien à la corrosion des sels de la mélasse et des eaux d'exosmose. Ainsi pendant que les aréomètres en verre ordinaire s'usent de 3° Baumé, les nôtres ne s'usent que de 1/2 à 3/4 de degré.

mélasse calcique à l'osmose, il est avantageux d'en précipiter la chaux et les sels de chaux par le carbonate de soude ou le phosphate acide de baryte. On emploie 190 gr. de carbonate de soude sec pour 100 gr. de chaux à éliminer. Il se forme du carbonate de chaux insoluble qui se précipite et des organates de soude. Les sirops ainsi traités doivent être filtrés pour les débarrasser du précipité de carbonate de chaux qui viendrait salir et obstruer les papiers parchemins.

Les sels de soude étant plus diffusibles que les sels de chaux, on obtient par ce traitement de très bons résultats.

Une mélasse contenant plus de 0,20 °/₀ de chaux à l'hydrotimétre, c'est-à-dire ayant un quotient calcique de 0,50 doit être épurée.

Les mélasses peu alcalines, neutres ou acides, celles qui ont une tendance à la fermentation, doivent toujours être alcalinisées par de la soude caustique.

Eaux d'exosmose. — Les eaux d'exosmose dont le coefficient salin est de 1 environ, doivent être concentrées à 39° — 40° Baumé à chaud pour donner une abondante cristallisation des sels (azotate de potasse et chlorure de potassium).

Le rendement dépasse rarement 20 à 25 kil. à l'hectolitre.

Les eaux d'exosmose concentrées contiennent en moyenne par 100 kil. 24 à 25 kil. de sels et autant de sucre.

Les eaux d'exosmose concentrées peuvent être régénérées par une réosmose ; on obtient ainsi de la mélasse régénérée ayant la composition des mélasses ordinaires ne cristallisant ni en sucre ni en sels et pouvant être de nouveau osmosée, et des mélasses d'exosmose de réosmose, cristallisant abondamment en sels. (1)

Rendement des eaux d'exosmose en alcool. — Ordinairement les eaux d'exosmose sont dirigées sur la distillerie. Pour qu'elles fermentent bien, il faut préalablement les faire bouillir après les avoir acidifiées par l'acide sulfurique.

76,000 kil. d'eaux d'exosmose à 26° Baumé au coefficient salin de 1.07, contenant 21 kil. 13 de sucre, nous ont donné après rectification :

11,31 0/0 d'alcool bon goût à 100°.

0,52 0/0 d'alcool mauvais goût à 100°.

Soit un rendement en alcool de 53,50 0/0 du sucre qu'elles contenaient.

(1) Voir les travaux de M. Leplay.

Composition des sels d'exosmose

Voici quelques exemples de composition de sels d'exosmose :

	1	2	3	4	5
$KAzO^3$... ($KO.AzO^5$).....	65.50	76. »	76.08	67.89	28.06
KCl... (KCl)............	19. »	4.37	1.35	1.05	2.10
NaCl	2. »	4.57	4.37	15.41	49.73
KSO^4...($KO.SO^3$)........	2.20	1.35	4.57	1.96	1.36
CaO.....................	0.70	0.30	2.01	0.10	0.70
Sucre....................	3.20	4.20	4.21	2.67	3.48
Divers..................	7.36	9.21	7.38	10.92	11.57

Quel doit être le rendement du sirop osmosé en sucre pour que le résultat ne constitue pas l'opération en perte ?

La solution du problème dépend de la proportion de mélasse primitive passée dans les eaux d'exosmose, ou en d'autres termes, de la proportion de masse cuite osmosée, par rapport à la masse cuite initiale mise en esmose.

Supposons que 1/5 seulement du sirop a passé dans les eaux d'exosmose.

Appelons :

Q la quantité de sirop cuit non osmosé ;

R le rendement de ce sirop en sucre ;

140 kil. le poids d'un hectolitre de mélasse ;

q le coefficient par lequel il faut multiplier le prix du sucre pour avoir le prix de la mélasse (c'est-à-dire le rapport de la mélasse au sucre).

x le rendement que nous cherchons ;

Nous admettons que nous opérons, sur une masse cuite troisième jet, et que la quantité d'hectolitres de mélasse à 140 kil. l'hectolitre est égale, comme c'est généralement le cas, à la quantité de masse cuite Q.

Pour qu'il n'y ait point perte on devra avoir au moins l'égalité suivante :

$$Q.\ R.\ P. + 140.\ Q.\ q.\ P. = \frac{4}{5}\ Q.\ x.\ P. + \frac{4}{5}\ Q.\ 140.\ q.\ P.$$

$$\text{ou } R + 140\ Q = \frac{4}{5} x + \frac{4}{5} 140 q$$

$$R + \frac{140}{5} q = \frac{4}{5} x$$

$$x = \frac{4}{5} R + \frac{140}{4} q$$

$$x = R + \frac{1}{4} R + 35\, q$$

C'est-à-dire que le *rendement du sirop osmosé devra être égal au rendement du sirop non osmosé augmenté du 1/4 plus 35 fois le rapport du prix du sucre à celui de la mélasse.*

Exemple : Soit le rendement des 3es jets non osmosés = 20 kil. de sucre par hectolitre.

Le prix de la vente de ce sucre = 30 fr.

Celui de la mélasse = 10 fr.

$$q = \frac{10}{30} = 0.333, \text{ et on aura}$$

$$x = 20 + \frac{20}{4} + 35 \times 0.333 = 36 \text{ kilogr.}$$

Mais si l'on compte que le sucre obtenu par l'osmose est libéré d'impôt et titre net 88°, nous aurons pour valeur de ce sucre, non plus 30 fr., mais 30 fr. plus le boni résultant de l'impôt, soit 30 fr. + 88 × 0.40 = 65 fr. 20.

$$\text{Nous avons alors } \frac{10}{65.20} = 0.153$$

$$x = 20 \times \frac{20}{4} + 35 \times 0.153 = 30 \text{ kil. } 35$$

Si la proportion de masse cuite qui passe dans les eaux d'exosmose était supérieure au 1/5 de son volume, le rendement de la masse cuite osmosée devrait être plus considérable pour ne pas constituer l'opération en perte ; réciproquement si la perte de mélasse dans les eaux d'exosmose était inférieure à 1/5 de son volume, le rendement pourrait être plus faible, sans constituer l'opération en perte.

Le calcul précédent ne tient compte ni de la valeur des eaux d'exosmose ni des frais d'osmose qui peuvent être variables d'une usine à l'autre. Naturellement il est nécessaire d'introduire ces deux valeurs dans la formule pour se rendre un compte approximativement exact des bénéfices que peut procurer l'osmose.

Frais d'osmose. — Il est assez difficile d'évaluer, même approximativement, les frais nécessités par l'osmose, parcequ'ils sont variables d'une usine à l'autre, et d'une mélasse à l'autre. Les usines qui ont déjà travaillé par ce procedé peuvent l'estimer d'une manière tout à fait exacte par l'inspection de leurs livres de comptabilité et de leurs comptes de fabrication. Les fabricants qui n'ont pas

encore pratiqué l'osmose pourront consulter avec fruit le compte suivant établi pour un travail de 20.000 kil. de mélasse par 24 heures.

Nombre de jours de travail de l'osmose.	20
Quantité d'égoûts de 3e jet mis en osmose à 40° B. . .	400.000
Sirops osmosés à 13°7 B.	982.520
Eaux d'exosmose à 1° de densité.	3.456.000
Masse cuite osmosée obtenue	261.840
— d'eau d'exosmose à 40° B.	92.730

La quantité d'eau employée à l'osmose a été de 4.038.500 kil. qu'il a fallu chauffer de 10° environ à 100° C., plus 400.000 kil. de mélasses, ce qui a nécessité, à raison de 100 — 10° = 90 calories par kilogr. de liquide, 4.438.000 × 90 = 399.468.800 calories. D'autre part, il a fallu réduire 982.520 kil. de sirops osmosés à 261.840 kil. de masse cuite, soit une évaporation de 716.680 kil. d'eau ; or pour évaporer 1 kil. d'eau à la température de 100°, il faut 537 calories, soit au total pour l'évaporation des sirops 385.394.160 calories.

Enfin il faut concentrer 3.456.000 kil. d'eaux d'exosmose à 92.720 kil., ce qui nécessite une évaporation de 3.363.280 kil. d'eau exigeant 1.806.081.360 calories ; mais comme cette opération se fait dans le triple-effet, le nombre de calories doit être réduit au tiers, c'est-à-dire à 602.027.120 calories.

Nous avons donc à produire un nombre total de calories égal à 1.386.890.086. En estimant que 1 kil. de charbon brûlé sur la grille du générateur produise 7000 calories, on arrive à une dépense de combustible de 198.127 kil. qui, compté à raison de 18 fr. la tonne, représentent 3.566 fr. 20 auxquels il faut ajouter :

		3.566 fr. 20
Main d'œuvre pour 20 jours de 24 heures :		
1 osmoseur, 3 fr. pour 12 heures.	120	
1 cuiseur évaporateur à 5 fr. pour 12 heures	200	
1 chauffeur à 5 fr. pour 12 heures	200	
1 alimenteur machiniste à 3 fr. pour 12 heures. . . .	120	
Papier parchemin.	1.000	
Huile, graisse, éclairage, analyse, frais généraux. .	500	
Intérêt et amortissement du capital osmogènes. . .	500	
Total.		6.206 fr. 20

Soit pour 100 kil. de mélasse mise en osmose une dépense de 1 fr. 55.

Le compte d'osmose pour le cas que nous avons pris s'établira donc ainsi par 100 kil.

Dépenses.

100 kil. mélasse à 40° B à 10 fr. . .	10 fr.	11.5500
Frais d'osmose.	1 55	

Recettes.

66 kil. 210 masse cuite osmosée devant produire :

18 kil. 889 de sucre au titrage de 88° à 70 fr. les 100 kil.	= 13 fr. 220	20.6913	
64 kil. 282 mélasse à 40° B. à 10 fr. .	6 4282		
23 kil. 180 eaux d'exosmose concentrées à 4 fr. 50 les 100 kil.	1 0434		
Desquels il faut déduire :			
Frais de turbinage à raison de 0 fr. 20 par 100 kil. de masse cuite. . . .	0 fr. 13242	0.1599	20.5314
Frais de magasin au sucre, 15 fr. pour 100 sacs.	0 02753		

Bénéfice net pour 100 k. de mélasse mise en œuvre.... 8.9814

Bénéfices nets pour les 400,000 k. de mélasses mises en œuvre

$$\frac{400.000 \times 8.98}{100} = 35.920 \text{ f.}$$

D'après la loi du 4 juillet 1787, accordant une prime de 7 fr. par 100 k. de mélasse non osmosée, le bénéfice, en osmosant n'aurait plus été que de 35.920 — 28.000 = 7.920 f., soit 1 fr. 98 pour 100 k.

Mais si l'on considère que notre calcul porte sur l'osmose de mélasse égoût de 3e jet, alors qu'on osmose habituellement les égoûts de 2e jet, et qu'on fait au moins deux osmoses successives des sirops après cristallisation, on voit que les bénéfices seraient plus considérables.

Supposons que l'on pratique une deuxième osmose des égoûts obtenus dans l'exemple que nous avons choisi et que nous obtenions les mêmes résultats.

Nous aurions, comme précédemment, 1 f. 98 de bénéfice net par 100 k. de mélasse mise en osmose ; mais la quantité de mélasse mise en osmose n'est plus que de 64 k. 282 pour 100 k. de la mélasse initiale, soit un total de $\frac{64.282 \times 400,000}{100} = 257.128$ k. qui, à 8 fr. 98 de bénéfice par 100 k. donnent 23.090 f., lesquels ajoutés aux 7,920 f. ci-dessus constituent un bénéfice total du à l'osmose de 30.010 fr. ce qui fait encore un bénéfice de 7 fr. 75 par 100 k. de mélasse mise en œuvre.

On voit que la prime de 7 fr. accordée par 100 k. de mélasse non osmosée ne tuera pas radicalement le procédé de l'osmose. Le fabricant avant d'osmoser ou de livrer ses mélasses à la distillerie devra donc, auparavant, se rendre compte de ce qu'elles sont susceptibles de lui rendre par l'osmose, et cette évaluation dépend du prix de vente de la mélasse et de la nature de cette dernière, car

toutes ne sont pas susceptibles de donner des résultats semblables aux nôtres.

Eau destinée à l'osmose. — (Voir ce que nous disons au chapitre spécial de l'*analyse des eaux*.

Papier parchemin. — On emploie en osmose du papier fort ou du papier faible. Le papier fort, ordinairement le n° 0 fait moins de travail, mais produit une meilleur épuration des sirops. Le p pier faible (c'est le n° 2 le plus employé) produit plus de travail, mais une épuration ordinairement moins bonne. C'est donc la quantité de ravail journalier qu'on est obligé de faire qui doit guider sur la nature du papier à essayer.

Ordinairement la durée du papier est de 5 à 8 jours. Mais on est parvenu à fabriquer du papier spécial qui dure facilement de 15 à 20 jours, d'après les nombreux essais que nous avons fait faire.

CHAPITRE X

Générateurs.

Trois types différents de générateurs sont employés en sucrerie : les générateurs à *bouilleurs*, les générateurs *tubulaires*, et les générateurs *semi-tubulaires*.

Les générateurs à *bouilleurs* sont les plus rustiques, mais les moins économiques, parce que la quantité d'eau qu'ils vaporisent par kil. de houille brûlée est faible. Ce type n'a pas sa raison d'être en sucrerie, où l'on peut employer de l'eau pour ainsi dire pure pour l'alimentation. Il doit être abandonné aux petites usines dans lesquelles les eaux d'alimentation sont incrustantes.

Les générateurs tubulaires sont les plus économiques parce que ce sont ceux qui ont le pouvoir de vaporisation le plus élevé ; mais ils ont le défaut d'être trop délicats, et de coûter toujours fort cher de réparation lorsqu'ils ont subi une avarie quelconque. Néanmoins, dans une usine possédant de bons chauffeurs, où la surveillance est active et intelligente, et où le charbon est cher, c'est le type qui doit être préféré,

Dans les autres sucreries on doit employer exclusivement les générateurs semi-tubulaires dont les types sont cependant plus nombreux que bons.

En sucrerie la force des générateurs doit être au moins de 80 à 100 chevaux-vapeur l'un.

Puissance d'un générateur en chevaux-vapeur. — On appelle cheval-vapeur la force nécessaire pour élever en une seconde 75 kil. à 1 mètre de hauteur. La valeur du cheval-vapeur est donc de 75 kilogrammètres.

La puissance d'une chaudière dépend donc de la quantité de vapeur qu'elle peut fournir en un temps donné, cette puissance est proportionnelle au charbon brûlé sur la grille, ou à la surface de chauffe.

Surface de chauffe. — La surface de chauffe comprend la surface de chauffe *directe* et la surface de chauffe *indirecte*.

La surface de chauffe directe est celle qui est exposée immédiatement à l'action de la flamme ; la surface de chauffe indirecte est celle qui est chauffée par les gaz de la combustion.

On compte ordinairement sur 1 mq. 20 de surface de chauffe, par cheval-vapeur, pour les générateurs à bouilleurs ; sur 1 mq 30 à 1 mq 50 pour les générateurs semi-tubulaires et sur 1 mq. 40 à 2 mq. pour les générateurs tubulaires, suivant les systèmes. Dans les générateurs à bouilleurs la surface de chauffe indirecte est faible par rapport à la surface totale ; c'est ce qui explique leur force de vaporisation, parce que la surface directe est bien plus active que la surface indirecte ; dans les générateurs tubulaires, au contraire, la surface de chauffe indirecte est considérable par rapport à la surface totale, et en représente souvent les 4/5 et plus ; leur force de vaporisation par mètre carré de surface de chauffe totale est donc faible ; mais à égalité de surface de grille, ou, ce qui revient au même, à égalité de consommation de combustible, la quantité de vapeur produite est plus grande.

Suivant la qualité du combustible et l'état de la chaudière, le chiffre de vaporisation est de 5 à 9 kil. d'eau par kilogramme de charbon, soit :

5 à 6 kil. 500 avec un générateur à bouilleurs ;

6 à 8 kil. avec un générateur semi-tibulaire ;

7 à 9 kil. avec un générateur tubulaire.

On estime à 20 ou 25 kil. le poids de vapeur correspondant à un cheval-vapeur.

Dans les chaudières à bouilleurs, on prend pour surface de chauffe les 2/3 de la surface totale de chaque bouilleur et la moitié de la chaudière.

Dans les chaudières tubulaires ou semi-tubulaires, on prend pour surface totale de chaufle, la surface de toutes les parties de la chaudière directement léchée par les flammes et les gaz de la combustion, plus la surface intérieure des tubes.

Epaisseur des tôles des chaudieres. — D'après l'ordonnance du 22 mai l'épaisseur des chaudières en tôle était déterminée à l'aide de la formule $e = 1.8\ D\ (n - 1) + 3$, dans laquelle e = l'épaisseur de la tôle en millimètres.

D = le diamètre de la chaudière en mètres.

n = la tension absolue de la vapeur d'eau en atmosphères.

Surface de grille. — La combustion par mètre carré de grille est en moyenne pour la houille de 65 à 85 kil. par heure. Supposons un générateur tubulaire de 100 chevaux-vapeur brûlant 70 kil. de houille par mètre carré de grille produisant 8 k. de vapeur par kilog. de de houille, et admettons que la vaporisation doive atteindre 20 kil. par mètre carré, nous avons pour surface de la grille :

$$S = \frac{100 \times 20}{70 \times 8} = 3\ m^2.,\ 71.$$

Ordinairement on admet que la surface de la grille $= \frac{K}{70}$; K étant le nombre de kilog. de combustible à brûler par heure.

On peut donc aussi évaluer la puissance d'un générateur d'après la surface de sa grille, étant donné qu'elle est en rapport rationnel avec la surface de chauffe.

La distance de la grille à la chaudière est pour la houille de 0 m. 45 à 0 m. 60. Longueur maxima de la grille : 2 m. ; largeur maxima : 1 m. 50. Hauteur de la grille au-dessus du sol : 0 m. 60 à 0 m. 80.

Le vide des barreaux est, suivant la qualité plus ou moins menue de la houille, le quart ou le tiers de la surface totale de la grille. Ordinairement les barreaux ont 20 m/m d'épaisseur à la surface et 10 m/m à la base et sont distants de 8m/m.

Cheminée. — La plus petite section d'une cheminée doit être au moins égale au 1/4 de la surface des grilles ; la hauteur doit être égale au moins à 25 fois le diamètre intérieur.

Entretien des chaudières à vapeur. — Les chaudières conduites avec soin peuvent durer très longtemps ; si l'on néglige, comme c'est trop souvent le cas, les précautions essentielles, leur destruction peut être rapide. On doit tenir en parfait état tous les appareils de sûreté ; il faut éviter les fuites, même peu importantes ; elles produisent souvent des corrosions qui peuvent avoir les plus graves conséquences. On doit les maintenir très propres à l'intérieur.

Pour diminuer l'importance des dépôts et des boues, on doit faire de fréquentes extractions d'eau à l'aide d'un tuyau plongeur ou du tuyau de vidange.

Si on emploie des désincrustants, ce qui augmente la quantité de boues, on doit faire de fréquentes extractions d'eau. Ces extractions doivent être d'autant plus fréquentes et d'autant plus importantes. que les générateurs sont d'un type plus perfectionné, c'est-à-dire contiennent moins d'eau par rapport à la surface de chauffe.

Alimentation des générateurs. — Il est d'un grand intérêt de n'introduire dans les générateurs que de l'eau chaude et pure.

En sucrerie on doit employer à l'alimentation des générateurs :

1° L'eau de condensation des machines ;

2° L'eau de condensation de la vapeur de tous les serpentins de chauffage ;

3° Les eaux de condensation des appareils à évaporer (triple-effet); les eaux ammoniacales n'exercent aucun effet nuisible sur la tôle des générateurs, contrairement à ce que croient beaucoup de fabricants. L'influence de l'ammoniaque, d'après plusieurs expériences, est plutôt favorable. Ce qui est nuisible, ce qui surtout attaque les tôles, c'est le *sucre* qui quelquefois pénètre dans les générateurs par

des fuites ou des joints mal faits aux serpentins ou par des entraînements de jus ou sirops au triple effet et à la cuite. Sous l'influence de la haute température des générateurs, le sucre s'altère et finit par se décomposer en produits acides qui rongent les tubes. Aussitôt qu'on s'aperçoit qu'il y a du sucre dans les générateurs, ce que l'on reconnaît à l'odeur et à la couleur jaune ou brune de l'eau, il faut se hâter de les vider.

Ces trois sources d'eau sont en général suffisantes pour l'alimentation des générateurs. Dans le cas où l'on est obligé d'employer un peu d'eau de puits, il faut avoir soin de l'épurer ou tout au moins de la réchauffer avant son introduction, pour précipiter les bicarnonates qu'elle tient en dissolution et qui sans cela formeraient des incrustations.

Le mode d'alimentation le plus répandu est la pompe foulante ou *cheval alimentaire*. Il est prudent d'avoir en outre une *bouteille alimentaire* dont le fonctionnement ne laisse rien à désirer. L'injecteur Giffard est à proscrire en sucrerie.

D'après ce que nous avons dit, on calcule qu'un générateur vaporise 20 à 25 k. d'eau par force de cheval-vapeur et par heure. Un générateur de 100 chevaux vaporise donc par 24 heures 500 à 600 hectolitres d'eau. La pompe alimentaire et le ballon d'alimentation doivent être calculés de manière à pouvoir fournir au moins trois fois la quantité d'eau nécessaire au service des générateurs.

Propriété des vapeurs de chauffage

L'*unité de chaleur* ou *calorie* est la quantité de chaleur nécessaire pour élever 1 k. d'eau de 1° C. de température. Ainsi il faut 100 calories pour porter 1 k. d'eau de 0 à 100° ; le travail mécanique que peut fournir l'unité de chaleur est de 424 kilogrammes, il se nomme l'*équivalent mécanique de la chaleur.*

Q. unités de chaleur produiront un travail $L = 434\ Q$.

Réciproquement, le travail L pourra produire une quantité de chaleur $Q = \frac{1}{424} L = A L$; le coefficient $A = \frac{1}{424}$ se nomme *l'équivalent calorique du travail.*

La *chaleur spécifique* d'un corps est le nombre de calories nécessaires pour élever de 1° C, la température de 1 k. de ce corps. La chaleur spécifique du fer étant 0.1138, cela veut dire qu'il faut 0 calorie 1138 pour élever de 1° C, la température de 1 k. de fer. Pour le porter à 100° il faudrait 11 cal. 38. La chaleur de combustion d'un corps est le nombre de calories qu'est susceptible de produire la combustion de 1 k. de ce corps.

CHALEURS SPÉCIFIQUES

DE QUELQUES CORPS

(*Eau* = 1)

Acier	0.1185
Argent	0.0570
Bois de chêne	0.5700
Bois de pin	0.6500
Briques 0.1890 à	0.2410
Coke	0.2000
Cuivre	0.0952
Fer	0.1138
Fonte	0.1298
Platine	0.0324
Verre de 0 à 100°	0.1770
Verre de 100 à 300°	0.1900
Alcool	0.6050

	sous volume constant	sous pression constante
Air	0.1686	0.2375
Acide CO^2	0.1535	0.2164
Vapeur d'eau	0.3337	0.0475

CHALEURS DE COMBUSTION

DE QUELQUES CORPS

Hydrogène donne	34.462	calories
Carbonne donne en se transformant en CO^2	8.080	—
Carbonne donne en se transformant en CO	2.474	—
Pétrole	11.773	—
Alcool	7.183	—
Ethilène	11.857	—
Esprit de bois	5.037	—
Gaz des marais	13.065	—
Essence de térébenthine	10.852	—
Bois	3.600	—
Charbon de bois	7.640	—
Tourte brute	3.000	—
Tourbe pressée	4.700	—
Houille sèche	8.000	—
Graisse	9.000	—
Soufre	2.601	—

Chaleur totale de vaporisation. — D'après la théorie mécanique de la chaleur, la chaleur totale de vaporisation nécessaire pour transformer un k. d'eau à 0° en vapeur à t° se compose de deux parties : la chaleur q nécessaire pour chauffer l'eau de 0 à $t°$ et la chaleur de vaporisation r employée à faire passer l'eau à $t°$ à l'état de vapeur à $t°$ également $l = q + r$. La somme des chaleurs est $l = 606.5 + 0.305\ t$ calories, t étant la température de la vapeur. D'après cette formule la chaleur nécessaire pour vaporiser à 100° un kilog d'eau pris à 0° est de cal. $606.5 + 0.305 \times 100 = 637$ calories. Or il faut 100 calories pour porter l'eau de 0 à 100°. Pour se transformer en vapeur à 100° l'eau absorbe donc 537 calories. Cette dernière quantité de chaleur s'appelle *chaleur latente de vaporisation.* Si la vaporisation avait lieu à 4 atmosphères de pression, c'est-à-dire à 144°, la chaleur *totale* de vaporisation serait de $606.5 + 0.305 \times 144 = 650$ calories. Comme il y a déjà 144 calories pour porter l'eau au point d'ébullition (144°) il reste pour la chaleur latente r $650 - 144 = 506$ calories, au lieu de 536. La chaleur de vaporisation diminue donc avec la pression.

Dans les calculs relatifs au chauffage et à la vaporisarion des liquides, on admet généralement le chiffre 637, et même 640 comme chaleur totale de vaporisation, bien que, à 4 atmosphères effectives de pression, comme c'est le cas en sucrerie, cette chaleur soit de 650 calories.

La table suivante indique la chaleur latente et la chaleur totale de la vapeur à diverses températures et pressions.

Température.	Force élastique en atmosphères.	Chaleur latente.	Chaleur totale.
100°	1	537°	637 calorique.
120 6	2	521	643 —
139 9	3	512	647 —
144	4	504	650 —
150	4.712	501	651 —
152 2	5	498	653 —
159 2	6	491	655 —

Applications. — Puisque 637 calories sont nécessaires pour produire 1 k. de vapeur.

1 k. de carbone pur évaporera en brûlant $\frac{8000}{637} = 12$ k. 560 d'eau.

1 k. d'hydrogène — — $\frac{344262}{633} = 54$ k. d'eau

1 k. de houille de bonne qualité ayant un pouvoir calorifique de 800 cal., peut évaporer théoriquement $\frac{8000}{636}$ 12 k. 560 d'eau prise à 0°

Mais dans la pratique, ce pouvoir ne doit guère être compté qu à raison de 5000 à 6000 calories, soit une puissance maximum de production de vapeur égale à $\frac{6000}{637} = 9$ k. 41.

Quand l'eau d'alimentation a, comme dans les sucreries, une température initiale de 80° environ, la puissance de vaporisation de la houille devient plus élevée $= \frac{6000}{637 - 80} = 10$ k. 77.

Chauffage de l'eau et du jus par la vapeur.

1° *Au moyen d'un barbotteur.* Soit de l'eau à 0° de température qu'il s'agit de chauffer à 100° en employant de la vapeur à 5 atmosphères ou à 152°. La vapeur en se condensant dans l'eau tombe d'abord à 0° puis à 100° ou en moyenne à 50°. Elle cède à l'eau : 1° toute sa chaleur latente soit 537 calories, (le chiffre juste à cette température serait 501) plus 152 — 50 = 102 calories, et au total 639 calories. 1 k. d eau aborbant 100 calories pour s'échauffer de 0 à 100°, 1 k. de

vapeur échauffera donc $\frac{639}{100} = 6$ k. 39 d'eau. Si la température initiale de l'eau était 25°, 1 k. de vapeur en chaufferait $\frac{639}{100-25} = 8$ k. 520.

En admettant que 1 k. de charbon brûlé sur la grille du générateur produise 8 k. de vapeur, il échaufferait 8.520 × 8 = 68 k. 160 d'eau de 25 à 100°.

2° *Par serpentins.* Les jus ne peuvent être chauffés au moyen d'un barbotteur parce que la vapeur en se condensant dans leur masse en abaisserait la densité; on les chauffe donc par serpentin.

Quand le retour des serpentins s'opère directement dans les générateurs, la condensation de la vapeur a lieu sensiblement à la même pression que dans le générateur.

Soit 100 hectolitres de jus de diffusion à 25° à réchauffer à 100°.

L'eau condensée aura une température moyenne de $\frac{25+152}{2} = 88{,}50$ et la vapeur abandonnera en se condensant 537 calories + (152 — 88.5) = 600.5 calories.

Pour chauffer de 25 à 100°, 100 hectolitres de jus à 4° de densité, ou 10.400 k. de jus, il faudra lui fournir 10.400 × (100 — 25) = 780.000 calories, ce qui nécessite une dépense de $\frac{780.000}{600{,}5} = 1{,}298$ k. de vapeur.

Or, on admet qu'un serpentin condense à l'heure, par mètre carré et par degré de chute, 2 k. 500 de vapeur. La chute de température étant 152 — 85.5 = 63°5, 1 mètre carré de serpentin condensera 2.5 × 63,5 = 158 k. 75 de vapeur. Pour en condenser 1298 k. il faudra lui donner une surface de $\frac{1298}{158.75} = 8^{m2}$ 182. Comme la condensation de la vapeur, ou pour mieux dire, le chauffage doit s'opérer en un quart d'heure, il faudra donner au serpentin une surface 4 fois plus grande, soit 32^{m2} 728.

N. B. — Quand le retour des chaudières ne se fait pas directement dans les générateurs, la condensation dans le serpentin, au lieu de s'opérer à 152° de température (5 atmosphères) s'opère à 121° (1 atmosphère) et le chauffage est un peu plus radide. Dans les conditions de l'exemple précédent, le serpentin de 32^{m2} 728 opérerait la condensation en 11′, 53″ au lieu de 15 minutes : ou bien pour opérer le chauffage en 15′ il suffirait d'un serpentin de 26^{m2}.

D'après ce qui précède, le retour direct des chaudières dans les générateurs n'est pas à conseiller. Outre que, pour une même surface de serpentins, le chauffage du jus se fait théoriquement plus lentement, il arrive presque toujours que la différence du niveau entre les chaudières à carbonater et les générateurs est insuffisante

pour assurer un écoulement régulier et rapide de l'eau condensée, d où un retard souvent considérable dans le chauffage.

On voit aussi que le chauffage par barbotteur est plus économique que par serpentin. On doit donc toujours l'employer au chauffage de l'eau ou des liquides que l'eau de condensation peut diluer sans inconvénient.

Dans les calculs précédents, nous n'avons pas tenu compte de la chaleur absorbée pour le chauffage des serpentins, barbotteurs et métal des chaudières. Lorsque le chauffage est continu, cette cause peut être négligée, mais il faut en tenir compte dans le chauffage intermittent, parce qu'il faut à chaque fois réchauffer le métal.

Cette dépense de vapeur se calcule de la manière suivante, en prenant l'exemple ci-dessus :

Une chaudière à carbonater ayant une capacité utile de 100 hectolitres de jus pèse environ 1000 k. Le serpentin de 32 m. de surface, pour une épaisseur de 2m/m 5, a un poids de 650 k. La chaleur spécifique du fer étant 0.1138 et celle du cuivre 0.0952, il faudra pour les porter de 25 à 100° $[0,1138 \times 1000 \times (100 - 25)] + [0.0952 \times 650 \times (100 - 25)] = 13.176$ calories.

Ce chiffre doit être ajouté aux 780.000 calories nécessaires pour chauffer le jus. C'est une dépense de vapeur en plus un peu inférieure à 1 0/0.

Quelques formules.

a. Pour amener à t° une quantité d'eau de G kilogr. à T°, il faut employer

$$g = G \times \frac{t - T}{t' - t} \text{ kilogr. d'eau à } t' \text{ degré.}$$

b. Pour condenser à t° une quantité de vapeur d'eau de G kilogrammes, il faut :

$$g = G \frac{637 - t}{t - t'} \text{ kilogr. d'eau à } t'.$$

c. En mélangeant G kilogr. d'eau à T et g kilogr. à t on obtient $(G + g)$ kilogr. d'eau à une température :

$$t' = \frac{GT + gt}{G + g}$$

d. En faisant condenser G kilogr. de vapeur d'eau par g k. d'eau à t, la température finale est :

$$t' = \frac{637\,G - gt}{G + g}$$

e. Pour chauffer à t'° au moyen d'un barbotteur une quantité de G kilogr. d'eau à t° il faut :

$$g = \frac{637}{G \times (t' - t)} \text{ kilog. de vapeur.}$$

Si l'on chauffe avec un serpentin la formule devient

$g = \frac{637 - \theta}{G \times (t' - t)}$ kilog. de vapeur d'eau; θ étant la température correspondant à la force élastique de la vapeur f.

Une bonne houille brûlée dans un bon générateur tubulaire ou semi-tubulaire doit vaporiser par kilogramme au moins 7 litres d'eau à 0°.

Réciproquement un bon générateur doit vaporiser au moins 7 litres d'eau par kilogr. de houille brûlée sur la grille.

Comme l'eau employée aux essais n'a pas 0°, on la ramène par le calcul à cette température au moyen de la formule $V = v \times \left(1 - \frac{t}{637}\right)$ dans laquelle $v =$ le poids d'eau réellement vaporisée et t sa température. Soit une vaporisation de 8 litres d'eau à 30°; nous avons

$V = 8 \times \left(1 - \frac{30}{637}\right) = 8 \times 0.953 = 7$ litres 62.

Combustibles.

Données relatives à divers combustibles : puissance calorifique, volume d'air nécessaire, surface de chauffe, surface de grille, etc.

Combustible.	Poids. de 1 m³.	Pour 1 k. de combustible.				
		Vapeur produite en kilog.	Puissance calorifique en calories.		Volume d'air à 0° nécessaire à la combustion en m³.	
			théorique	pratique	théorique	pratique
Carbone pur……………………			8.080		8.59	
Bois sec……………………	250 — 450	2.5 — 3.5	4.000	3.000	4.5	6.75
Tourbe à 20 0/0 d'eau…………	500 — 600	1.5 — 2	2.500	1.500	4.5	9
Houille de qualité moyenne……	760 — 850	6 — 7	6.500	4.500	9	18
Houille de bonne qualite………			8.000	5.100	8.72	18
Coke à 15 0/0 de cendre………	400 —600	6 — 7	6.500	4.500	7.5	16
Lignite……………………			6.400	3.313	7.5	16
Bagasse……………………						

Combustibles.

Données relatives à divers combustibles : puissance calorifique, volume d'air nécessaire, surface de chauffe, surface de grille, etc.

Combustible.	Pour 1 k. de combustible.			Température réelle de la combustion.	Surface de chauffe en m² par cheval vapeur.	Surface de grille pour 1m² de surface de chauffe.	
	Surface de grille pour brûler 1 k. pr heure		Volume des gaz résultant de la combustion température de la cheminée 300°.				
	vide	plein et vide				vide.	plein et vide.
Carbone pur........................							
Bois sec............................	0.002	0.006 — 0.008	15	1.200	1.2 — 1.8	0.015 — 0.02	0.015 — 0.06
Tourbe à 20 0/0 d'eau.............	0.002	0.006 — 0.008	20	1.100	1.8 — 2	0.02	0.06 — 0.0[illegible]
Houille de qualité moyenne	0.005	0.015 — 0.02	38	1.280	1 — 1.5	0.01	0.03 — 0.05
Houille de bonne qualité..........	0.005	0.015 — 0.02	38	1.280	1 — 1.5	0.01	0.03 — 0.05
Coke à 15 0/0 de cendre..........	0.001	0.016 — 0.02	31	1.270	1 — 1.5	0.012	0.036 — 0.04
Lignite			27	1.200			
Bagasse.............................							

CHAPITRE XI

Analyse des Eaux.

Dans toutes les industries on doit analyser les eaux destinées à l'alimentation des générateurs. En *sucrerie,* on doit aussi se préoccuper de la nature des eaux destinées à la diffusion et à l'osmose. Dans quelques cas, il importe aussi de connaître la composition des eaux-vannes.

Nous allons d'abord indiquer la méthode générale d'analyse ; nous ferons ensuite les observations relatives aux usages différents auxquels sont destinées les eaux.

I. — Hydrotimétrie.

Boutron et Boudet reprenant le procédé de Clarke pour l'analyse des eaux, l'ont amené à un degré tel de perfection et de simplicité que dans la plupart des cas, on peut se contenter de ses indications. Il repose sur la propriété que possède le savon en solution alcoolique de rendre l'eau pure mousseuse, et de ne produire de mousse dans une eau chargée de sels terreux (chaux et magnésie) qu'autant que ceux-ci ont été précipitées par une quantité équivalente de savon et qu'il reste un léger excès de ce dernier dans l'eau.

Mode opératoire, — On se sert d'une burette hydrotymétrique, du flacon hydrotimétrique et d'une liqueur hydrotimétrique, (liqueur de savon) exactement titrée, (voir liqueurs titrées), de telle façon que 23° de la burette produisent une mousse persistante avec 40cc. d'une liqueur titrée contenant 0 gr. 25 de chlorure de calcium par litre ou 0 gr. 59 de nitrate de baryte.

1° On mesure 40cc. de l'eau à l'état naturel et on y ajoute goutte à goutte avec la burette hydrotimétrique, la liqueur de savon, en essayant de temps en temps s'il se produit par l'agitation, une mousse persistante. Le nombre de degrés de liqueur employée, lu sur la burette, indique le titre hydrotimétrique de l'eau, soit 25°.

2° On précipite 100cc. de la même eau avec 4cc. d'une dissolution d'oxalate d'ammonium à 1/60 ; on agite fortement et on laisse repose

une heure. On filtre ensuite le précipité d'oxalate de chaux, et on prélève 40cc. du liqu de filtré qui ne contient plus de sels de chaux. Sur ces 40cc. on détermine le titre hydrotimétrique comme précédemment; soit 11°.

3° On fait bouillir pendant une demi-heure à feu très modéré, 200cc d'eau pour chasser l'acide carbonique et précipiter le carbonate de chaux. On a soin pendant l'ébullition de verser de temps en temps de l'eau distillée dans le récipient pour maintenir à peu près le même volume, après refroidissement, on complète exactement le volume à 200cc. avec de l'eau distillée, on filtre, et sur 40cc., on détermine encore le titre hydrotimétriqtrique, comme ci-dessus, soit 15°.

4° On prend 300cc. de l'eau bouillie et filtrée de l'opération précédente, on y ajoute 4cc. d'oxalate d'ammoniaque à 1/60 qui élimine la chaux que l'ébullition n'a pas précipitée à l'état de carbonate. On agite, on laisse reposer une heure, on filtre, et sur 40cc. on prend encore le degré hydrotimétrique, soit 8°.

5° On prélève encore 40cc. de l'eau bouillie et filtrée de l'opération 3, et on ajoute d'une solution de nitrate de baryum à 2 gr. 14 par 100cc. autant de 1/10 centimètres cubes que l'on a trouvé de degrés dans l'opération 3, c'est-à-dire pour notre exemple 25/10 = 1cc50 ; puis on fait encore le titrage hydrotimétrique, soit 20°,

6° Sur 40cc. de l'eau bouillie et filtrée de la troisième opération on ajoute d'une solution de nitrate d'argent contenant 2 gr. 78 de nitrate pour 100cc. autant de 1/10 de CC. que l'on a trouvé de degrés dans cette troisième opération, c'est-à-dire pour le cas présent 1cc.2 et on fait le titrage hydrotimétrique, soit 28°.

Interprétation des résultats. — On fait d'abord subir une correction au troisième résultat pour tenir compte du carbonate de chaux, qui, en raison de sa faible solubilité dans l'eau, n'a pas été totalement précipité ; cette correction consiste à retrancher toujours 3° au chiffre observé, soit 15° — 3 = 12°.

1° Le degré hydrotimétrique 25° de la première opération, représente la somme des actions exercée sur le savon par l'*acide carbonique*, le *carbonate de chaux*, les *sels de chaux* et *de magnésie* divers contenus dans l'eau.

2° Le degré 11° de la deuxième opération représente les sels de *magnésie* et l'*acide carbonique* restés dans l'eau après l'élimination de la chaux par l'oxalate d'ammoniaque : 25° — 11 = 14° représentent donc les *sels de chaux*.

3° Le degré 15° réduit après correction à 12° de la troisième opération représente les *sels de magnésie* et *les sels de chaux* autres que le carbonate : 25 — 12° = 13° représentent donc le *carbonate de chaux* et *l'acide carbonique*.

4° Le degré 8° de la quatrième opération représente les *sels de magnésie* contenus dans l'eau, et qui n'ont été précipités ni par l'ébullition, ni par l'oxalate d'ammoniaque.

Les *sels de chaux* étant représentés par 14°, ceux de *magnésie* par 8° et ensemble par 12° il est évident que sur les 25° de l'eau à l'état naturel, il en reste 3° pour *l'acide carbonique*.

Les résultats de la cinquième opération nous fournissent le moyen de calculer l'acide sulfurique et ceux de la 6° le chlore. 2cc des solutions de nitrate de baryte ou de nitrate d'argent correspondant à 20° hydrotimétriques, il en résulte que les 1cc 5 que nous avons employés correspondent à 15°, c'est-à-dire à autant de degrés qu'on en a trouvés dans l'opération 3. On aurait donc dû trouver dans les opérations 5 et 9 un nombre de degréss double de celui trouvé dans l'opération 3. Or, le titre obtenu a été moindre et la différence corres pond dans l'opération 5 à la baryte, précipitée par l'acide sulfurique et dans l'opération 6 à l'argent précipité par le chlore.

On a donc $30 - 20 = 10°$ pour l'acide sulfurique et $30 - 27 = 2°$ pour le chlore.

Dès lors nous avons en nous reportant à la table des équivalents du degré hydrotimétrique :

Acide carbonique $3° \times 5 = 15$ cc.

Carbonate de chaux $13 - 3 = 10 \times 0{,}0103 = 0{,}103$ gr.

Sels de magnésie à l'état de sulfate $8 \times 0{,}0125 = 0{,}100$ gr.

Sulfate de chaux et sels de chaux autres que le carbonate comptés en sulfate $14 - 10 = 4° \times 0{,}014 \times 0{,}0560$.

Dont acide sulfurique $10 \times 0{,}0082 = 0{,}0820$.

Chlore $2° \times 0{,}0075 = 0{,}0150$.

Nous devons dire cependant qu'il est plus simple et surtout plus précis de doser l'acide sulfurique et le chlore par les méthodes indiquées plus loin.

Table des équivalents du degré hydrotimétrique.

Chaux................	1° = 0,0057	Sulfate de magnésie..	1° = 0,0125
Chlorure de calcium..	1° = 0,0114	Chlorure de sodium..	1° = 0,0120
Carbonate de chaux...	1° = 0,0103	Sulfate de soude.....	1° = 0,0146
Sulfate de chaux......	1° = 0,0140	Acide sulfurique.....	1° = 0,0082
Magnésie.............	1° = 0,0042	Chlore...............	1° = 0,0075
Chlorure de magnésium	1° = 0,0090	Savon à 50 °/° d'eau..	1° = 0,1061
Carbonate de magnésie	1° = 0,0088	Acide carbonique....	1° = 5cc

1° Hydrotimétrique français = 0°,56, allemand = 8°,70, anglais.

Nota. — On divise ordinairement les eaux en trois classes, suivant leur degré hydrotimétrique. Au-dessous de 30°, elles sont réputées excellentes pour tous les usages. Nous verrons plus loin ce qu'il faut en penser.

De 30 à 60 degrés, elles sont impropres aux usages domestiques et à peine propres aux appareils à vapeur.

Au-dessus de 60 degrés, elles sont impropres à tous les usages.

II. — Analyse directe de l'eau.

Dosage de la totalité des matières solides.

On évapore au bain-marie 1 litre d'eau dans lequel on a préalablement ajouté un poids connu de carbonate de potasse (5 milligr). On dessèche le résidu à 100° dans une capsule de platine ou de porcelaine, et on le pèse. Du poids trouvé on déduit le poids de carbonate de potasse ajouté, et la différence indique le poids de substances solides totales. Le poids est très variable, mais n'atteint jamais 0 gr. 500 dans les bonnes eaux.

Dosage des matières organiques.

En calcinant légèrement le résidu précédent, il prendra une couleur plus ou moins brune ou noire suivant la quantité plus ou moins grande de matières organiques contenues dans l'eau. On reconnait aussi la présence des matières organiques dans l'eau en versant quelques gouttes de chlorure d'or dans 100 cc. de manière à la colorer légèrement en jaune. On porte à l'ébullition. La teinte jaune persiste quand l'eau ne contient pas de matières organiques : elle disparaît et passe même au vert dans le cas contraire.

Il existe plusieurs procédés de dosage des matières organiques.

a) *Par calcination et pesée.* — On calcine au rouge pas trop intense le résidu de l'évaporation de l'eau ; après refroidissement, on y ajoute un peu de carbonate d'ammoniaque et on calcine de nouveau *au rouge naissant* pour chasser l'excès de sel ammoniacal et recarbonater les bases terreuses. On pèse, la perte de poids subie par le résidu indique les ***matières organiques et produits volatils.*** Dans les bonnes eaux ce chiffre est toujours très faible et ne dépasse pas 0 gr. 004 par litre.

Méthode au permanganate. — La méthode précédente n'est pas très exacte lorsqu'il s'agit de doser de petites quantités de matières organiques. Il est préférable de lui substituer la méthode au permanganate de potasse.

Mode opératoire. — On fait avec de l'eau distillée une liqueur titrée contenant 0 gr. 316 de permanganate de potasse par litre, soit 1/500 d'équivalent.

D'autre part, on fait une deuxième liqueur contenant 0 gr. 63 d'acide oxalique cristallisé par litre, soit 1/100 d'équivalent.

Titrage de la liqueur. — Théoriquement, 5 équivalents d'acide oxalique décomposent 1 équivalent de permanganate de potasse ; la réaction est représentée par la formule

$$5\,C^2H^2O^4 + 2\,K\,MnO^4 + 3\,H^2SO^4 =$$
$$K^2SO^4 + 2\,MnSO^4 + 8\,H^2O + 10\,CO$$
$$\left(\begin{array}{l}5\,C^2O^3HO + KO\,Mn^2O^7 + 3\,SO^3HO = \\ 10\,CO^2 + KO\,SO^3 + 2\,MnO, SO^3 + 8\,HO\end{array}\right)$$

Un volume de la solution d'acide oxalique décolore donc un volume de la solution de permanganate ; mais, même avec de l'eau distillée, il faut une certaine quantité de permanganate pour lui communiquer une teinte rose. Il faut déterminer cette quantité. Pour cela, on fait bouillir dans un ballon ou un verre de Bohême 100 cc d'eau distillée avec 5 cc d'acide sulfurique étendu de trois parties d'eau ; on ajoute avec une burette graduée du p rmanganate de potasse jusqu'à coloration rose, soit 0 cc 4. On ajoute ensuite toujours à l'ébullition, 10 cc de solution centime d'acide oxalique, puis on ramène au rose avec la solution de permanganate. Il doit falloir en employer 10 cc ; s'il en fallait moins, par exemple 9 cc, 8 on étendrait convenablement d'eau distillée. 10 cc de la liqueur de permanganate correspondant à 10 cc d'acide oxalique représentent donc 0 gr. 0063 de cet acide, ou 0,0008 d'oxygène.

Pour tirer l'eau on en fait bouillir 100 cc avec 5 cc d'acide sulfurique dilué, puis on ajoute le permanganate en s'arrêtant quand la teinte rose persiste après dix minutes d'ébullition. Soit 4 cc, 2 de permanganate employé. On retranche 0 cc, 4 nécessaire pour produire la teinte rose ; il reste 4 cc, 2 — 0,4 = 3 cc, 8. Or 10 cc de permanganate correspondant à 0 gr. 0863 d'acide oxalique, 3 cc 8 correspondront à $\frac{0{,}0063 \times 3{,}8}{10} = 0{,}00239$, et pour 1 litre = 0 gr. 023, d'acide oxalique, pris comme matières organiques.

Dans notre exemple nous aurions :

Matières organiques comptées en oxygène $\frac{8 \times 0{,}0239}{63} = 0{,}003$ d'oxygène par litre.

Contre-épreuve. — Le dosage des matières organiques étant très délicat, on doit toujours faire la contre-épreuve du premier titrage. Pour cela, le titrage terminé, on ajoute encore dans l'eau un petit excès de permanganate pour avoir une coloration très rosée, soit 1 cc. ce qui porte à 5 cc 2 la totalité de permanganate employé. On fait bouillir et on ajoute 10 cc d'acide oxalique au 1/100. On ramène alors au rose avec le permanganate, soit 9 cc. de celui-ci. On addi-

tionne tout le permenganate employé : 9 cc. + 5 cc. 2 = 14 cc. 2. Or, il en faut, d'après le titrage des liqueurs, 0 cc. 4 pour produire la coloration rose, et 10 cc pour oxyder 10 cc d'acide oxalique, soit 10 cc. 4 Il en reste donc 14.2 — 10.4 = 3 cc 8 qui ont été employés à oxyder les matières organiques de l'eau.

Dans le cas où il y aurait un écart entre les deux dosages, on recommencerait l'opération et dans le cas d'écart persistant, on prendrait les chiffres donnés par la contre-épreuve.

Nota. — Une bonne eau potable ne doit pas titrer plus de 3 à 4 millig. de matière organique par litre. Une eau qui en contient davantage serait impropre, en *sucrerie* et en *distillerie*, à la diffusion à la macération et à la râpe.

Acide sulfurique.

On reconnaît la présence de l'acide sulfurique dans l'eau en l'additionnant de quelques gouttes d'acide chlorhydrique, puis versant du chlorure de baryum qui produira un précipité blanc insoluble de sulfate de baryte.

Dosage. — On additionne 500cc. ou 1 litre d'eau de quelques gouttes d'acide chlorhydrique, puis on ajoute 4 à 5 cc. de chlorure de baryum pour transformer l'acide sulfurique en sulfate de baryte qui se précipite. On fait bouillir, on filtre sur un filtre ne laissant pas de cendres par l'incinération, on lave le filtre à l'eau distillée bouillante, on le sèche, on le calcine et on pèse. Le poids de sulfate de baryte multiplié par 0.3434 = l'acide sulfurique (SO^3).

Quand les eaux contiennent très peu de sulfates, ce qui est le cas général, la méthode précédente exige l'évaporation de grandes quantités d'eau; nous préférons alors employer la méthode suivante due à M. Pagnoul. On prend pour liqueur normale une dissolution de sulfate de potasse contenant 0 gr. 089 de ce sel, c'est-à-dire 0 gr. 019 d'acide sulfurique $SO^3 HO$ (1/1000 d'équivalent), et on verse dans un premier tube gradué 10cc. de cette dissolution et dans un autre tube semblable 10cc. de l'eau à essayer préalablement filtrée si elle est trouble. On ajoute dans chaque tube une goutte d'acide azotique étendu au 1/10 environ puis 3 à 4 gouttes de chlorure de baryum, on agite vivement et on laisse reposer 10 minutes. On compare alors le second tube avec un troisième dans lequel on n'a introduit que l'eau filtrée. Si l'aspect est le même on en conclut qu'il n'y pas de sulfates; si le chlorure de baryum a donné un trouble, on le compare avec celui du premier tube contenant la dissolution de sulfate de potasse et on ajoute de l'eau distillée au liquide le plus trouble jusqu'à ce que l'aspect des deux tubes soit le même. Selon qu'il aura fallu

ajouter l'eau à la dissolution normale ou à l'eau essayée, l'acide sulfurique de cette eau sera $0.049 \times \frac{10}{n}$ ou $0.049 \frac{n}{10}$, n étant le nouveau volume du liquide étendu. Pour exprimer l'acide sulfurique en sulfate de chaux, on remplace dans le calcul 0.049 par 0.068. On peut obtenir ainsi une approximation de 4 à 5 milligrammes par litre. Il est absolument indispensable que les tubes gradués (en C.C.) dont on se sert pour cet essai, soient de même diamètre.

Dosage du chlore.

On acidule avec quelques gouttes d'acide azotique dilué 100 cc. d'eau, on y ajoute quelques gouttes de chromate neutre de potasse jusqu'à teinte jaune, puis à l'aide d'une burette graduée, on y laisse tomber en agitant constamment de la liqueur titrée de nitrate d'argent, contenant 17 gr. de nitrate d'argent par litre jusqu'à ce que le chromate d'argent rouge qui se forme après chaque addition de nitrate cesse de disparaître. Chaque CC de liqueur employé correspond à 0 gr. 003546 de chlore. S'il a fallu, pour 100 cc. d'eau, verser 3 cc. 4 de nitrate d'argent, l'eau contenait par litre $\frac{34 \times 0.003546 \times 1000}{100} = 0$ gr. 119 de chlore. En faisant une solution titrée de nitrate d'argent, contenant 5 gr. 7888 de nitrate par litre, chaque cc. de cette liqueur correspondrait à 1 milligr. de chlore.

Excepté au bord de la mer, les eaux ne doivent contenir que des traces de chlore bien que ce corps ne soit pas nuisible par lui-même; mais une certaine proportion est l'indice d'une pollution des eaux.

Nota. — Quand la quantité de chlore est très minime, on opère sur 500 ou 1000 cc. d'eau concentrés au volume de 100 cc. environ.

Dosage de la quantité totale de chaux, magnésie, silice et oxyde de fer.

a) *Silice.* — On acidifie 500 cc. ou 1 litre d'eau par l'acide azotique et on évapore à siccité au bain-marie. On dissout le résidu dans HCl dilué, la silice reste à l'état insoluble. On filtre sur filtre sans plis, ne laissant pas de cendres par l'incinération, on lave, on calcine et on pèse. Le poids trouvé donne la silice totale. Il est toujours très faible dans les bonnes eaux et ne dépasse pas 0 gr. 003 par litre.

b) *Oxyde de fer.* — Le prussiate jaune de potasse donne dans

l'eau aiguisée d'acide chlorhydrique un précipité de bleu de Prusse, si elle renferme du protoxyde de fer. La liqueur filtrée renfermant le fer, la chaux, la magnésie à l'état de chlorures est sursaturée par l'ammoniaque, l'oxyde fer se précipite. On filtre, on lave à l'eau ammoniacale, on calcine et on pèse.

c) *Chaux.* — La chaux peut exister à l'état libre, à l'état de bicarbonate et de sulfate.

Une eau contenant de la chaux bicarbonatée donne un précipité de carbonate de chaux par l'ébullition.

On reconnait l'existence de la chaux dans une eau au moyen de l'oxalate d'ammoniaque qui produit un précipité insoluble d'oxalate de chaux.

Dosage. — On ajoute à la liqueur de l'oxalate d'ammoniaque et l'on fait bouillir ; la chaux se précipite à l'état d'oxalate ; on filtre, on lave et on calcine au rouge blanc dans le four Kréchel. Le poids trouvé représente la chaux. Si on opère avec un fourneau à mouffle, comme on n'est jamais sûr de réduire l'oxalate de chaux en chaux caustique, il vaut mieux reprendre le résidu chaux par l'acide sulfurique dilué pour la transformer en sulfate de chaux. On évapore lentement à l'étuve, puis on calcine, à la mouffle. Le poids de sulfate de chaux trouvé multiplié par 0.4117 = la chaux.

d) *Magnésie.* — On verse dans la liqueur filtrée du phosphate de soude, et un excès d'ammoniaque, et on agite ; il se forme un précipité de phosphate ammoniaco-magnésien que l'on laisse déposer 12 à 24 heures. On filtre, on lave à l'eau ammoniacale, on calcine et on pèse. Le poids de pyrophosphate de magnésie trouvé multiplié par 0,360 = la magnésie.

On peut aussi doser par l'urane l'acide phosphorique du phosphate ammoniaco-magnésien. Le poids d'acide phosphorique trouvé est au poids de la magnésie cherchée, comme 71 est à 40.

Dosage de l'oxyde de fer, de la chaux et de la magnésie en solution dans l'eau à la faveur de l'acide carbonique. — La plupart des eaux contiennent du fer, de la chaux et de la magnésie en solution à la faveur de l'acide carbonique dissous. En chassant l'acide carbonique par l'ébullition, ces substances se précipitent. Il est intéressant d'en connaître la proportion qui se précipite ainsi ; car souvent l'ébullition suffit à purifier les eaux d'une façon satisfaisante, et il est inutile de recourir à des moyens d'épuration dispendieux.

On fait donc bouillir pendant une demi-heure 1 litre d'eau ; de temps en temps, on y ajoute de l'eau distillée bouillante pour que le volume ne change pas, autrement il pourrait se précipiter du sulfate de chaux et des carbonates terreux. Pendant l'ébullition, l'acide car-

bonique est chassé et le fer, le carbonate de chaux et la magnésie dissous à la faveur de cet acide, se précipitent. Le précipité est filtré et lavé, puis dissous dans l'acide chlorhydrique. Dans cette solution on dose le fer, la chaux et la magnésie comme il est dit plus haut.

Dans l'eau dont on a séparé par filtration le précipité produit par l'ébullition, on dose le reste du fer, de la magnésie et de la chaux, comme il est indiqué plus haut, c'est-à-dire qu'on ajoute de l'ammoniaque à l'eau pour précipiter le fer. on filtre ; dans la liqueur filtrée on précipite la chaux par l'oxalate d'ammoniaque ; on filtre ; on précipite la magnésie par le phosphate de soude et l'ammoniaque, en le transformant en phosphate ammoniaco-magnésien, puis par la calcination en pyrophosphate de magnésie.

Nota. — Dans toutes les calcinations indiquées précédemment on doit calciner séparément le résidu détaché autant que possible du filtre, et le filtre.

Acide carbonique total.

On additionne 500 cc. ou 1 litre d'eau de chlorure de baryum e d'ammoniaque. On porte à l'ébullition, on filtre, on lave le précipité on le dessèche et on le calcine *légèrement*. Il contient l'acide carbonique sous forme de carbonate de baryte. On le dose par l'une des méthodes indiquées à l'analyse des calcaires ou du noir

Potasse et Soude.

On évapore 500 cc. d'eau jusqu'à réduction de moitié environ, on ajoute de l'eau de baryte et on fait bouillir ; on filtre. Dans la liqueur filtrée, on ajoute du carbonate d'ammoniaque et on filtre de nouveau ; on fait ensuite évaporer la liqueur à siccité, et on calcine le résidu qui contient alors les alcalis, potasse et soude, l'on convertit en chlorures par l'addition de quelques gouttes d'acide chlorhydrique, puis on les *pèse*, après les avoir *très légèrement* calcinés. On les dissout ensuite dans très peu d'eau et on ajoute quelques gouttes de bichlorure de platine jusqu'à ce que la liqueur soit jaune ; on évapore au bain-marie jusqu'à siccité, et on reprend le résidu refroidi par un mélange d'alcool et d'éther (9 parties d'alcool à 95 et 1 d'éther), on agite et on laisse reposer quelques heures, on recueille sur un filtre *taré* le précipité de chloro-platinate de potasse, on le lave avec la liqueur éthéro-alcoolique jusqu'à ce que le liquide de lavage soit incolore. — On le dessèche à 100° et on le pèse. Le poids de chloro-platinate multiplié par 0,305 = chlorure de potassium. Le

poids du chlorure de potassium trouvé déduit du poids des chlorures trouvé précédemment, donne par différence le poids du chlorure de sodium.

Dosage de l'oxygène libre ou dissous.

Nous ne conseillons pas le procédé Girardin et Schutzemberger à l'hydrosulfite de soude, parce que quoique très intéressant au point de vue théorique, il offre de sérieuses difficultés dans la pratique. Nous adoptons le procédé au permanganate de potasse qui se trouve décrit dans l'*Annuaire de Montsouris* pour 1884.

La liqueur titrée de permanate employée au dosage des matières organiques va encore nous servir ici.

Il faut en plus, comme réactifs, de la liqueur de potasse au 1/10, de l'acide sulfurique au demi, et une dissolution de fer ammoniacal à 30 gr. environ par litre. Comme appareil, une pipette à deux robinets de 80 à 100cc. Le robinet supérieur est surmonté d'une capsule cylindrique de 6 à 8cc. La capacité de la pipette doit être rigoureusement déterminé ; soit 97cc cette capacité.

Mode opératoire. — On introduit dans un vase à fond plat 97cc de l'eau à essayer avec quelques grammes d'acide sulfurique dilué. et 4 cc de sulfate de fer exactement mesurés ; on place le vase sur un fond blanc au-dessous d une burette à robinet de 50 cc. divisée en dixièmes et contenant la dissolution manganique qu'on fait écouler rapidement jusqu'à persistance de coloration rouge.

Il faudra par exemple pour cela 33 centimètres cubes. Il est nécessaire de faire ce premier essai avec l'eau elle-même ; car si elle contient des quantités sensibles de matières organiques où autres matières réductrices pouvant agir à froid sur le manganate, leur action s'ajoute à celle du sulfate de fer ; si même les matières organiques sont abondantes, la coloration ne persiste pas ; la fin de l'opération est difficile à saisir ; il faut verser assez vite le permanganate de potasse et s'arrêter à une nuance un peu fugitive qui devra encore marquer la fin de l'opération suivante. Cette petite difficulté n'existe, du reste, que pour les eaux assez fortement chargées de matières organiques et ces eaux généralement ne sont plus oxygénées.

On aspire alors l'eau à essayer de manière à remplir la pipette que l'on fixe ensuite au support, on plonge l'extrémité inférieure de la pipette dans un petit vase contenant de l'acide sulfurique au demi et on verse dans la capsule supérieure 2 centimètres cubes environ de potasse ; le robinet inférieur étant ouvert, on ouvre doucement le robinet supérieur pour introduire toute la potasse, en ayant soin de

ne pas laisser rentrer l'air ; on essuie l'intérieur de la capsule avec une petite tige de fer entourée d'un papier filtre, puis on y introduit exactement 4 centimètres cubes de la dissolution de fer ; on ouvre doucement le robinet supérieur jusqu'à ce que tout soit introduit et on laisse en contact cinq à dix minutes, temps suffisant pour que le protoxyde de fer précipité par la potasse s'empare de la totalité de l'oxygène dissous. On introduit enfin dans la capsule supérieure quelques centimètres cubes d'acide au demi ; on ferme le robinet inférieur, on ouvre l'autre ; on voit l'acide descendre et au bout de cinq minutes l'oxyde de fer est dissous de nouveau et l'eau est redevenue limpide. On la reçoit alors dans le vase à fond plat que l'on place ensuite sous la burette au manganate et on y fait écouler ce réactif jusqu'à la reproduction de la teinte rose obtenue tout à l'heure. Supposons que l'on ait versé ainsi 26 centimètres cubes : on pourra en conclure que le sel de fer, pour se suroxyder, a pris à l'eau la quantité d'oxygène équivalente à 32 — 26 = 7 centimètres cubes de manganate. Or, l'action du permanganate sur le sulfate de fer est représentée par la formule

$$10\,FeSO^4 + SH^2SO^4 + 2KMnO^4$$
$$= 5\,Fe^2(SO^4)^3 + K^2SO^4 + 2MnSO^4 + SH^2O$$
$$(10\,FeO,SO^3 + 8\,SO^3 + KO,Mn^2O^7 = 5\,Fe^2O^3, 3\,SO^3 + KO,SO^3$$
$$+ 2MnO, SO2)$$

L'équivalent de permanganate cède donc au sel de fer cinq équivalents ou 40 d'oxygène ; l'oxygène cédé par 1/500 d'équivalent ou par un litre de la dissolution manganique est donc en grammes 0.08 ; l'oxygène cédé par un centimètre cube est en milligrammes 0.08.

L'oxygène libre enlevé par le fer, c'est-à-dire contenu dans l'eau essayée, sera donc en milligrammes $0{,}08 \times 7$. La capacité de la pipette étant 97, et 6 centimètres cubes d'eau étant enlevés par l'opération, le volume de l'eau essayée est de 91, on aura donc pour ramener au litre :

$$0{,}08 \times 7 \times \frac{1000}{91} = 7 \times \frac{8}{91}$$

Il suffira donc, avec la pipette dont nous nous servons, de multiplier par le coefficient $\frac{8}{91}$ la différence des deux volumes de manganate versés, pour avoir en milligrammes l'oxygène dissous dans un litre d'eau essayée.

Nota. — La richesse en oxygène dissous est un indice de la pureté de l'eau, et cette détermination complète celles des matières organiques.

Une eau, pour être bonne, doit être aérée, et contenir de 5 à 10

milligrammes d'oxygène dissous par litre. Ce sont les matières organiques qui, en se putréfiant et par le fait d'une combustion lente, absorbent cet oxygène.

Acide sulfhydrique.

On reconnait l'acide sulfhydrique dans les eaux, à l'odeur particulière qu'il dégage. Il est rarement utile d'en faire le dosage. L'acide sulfhydrique provient ordinairement de la réduction des sulfates par les matières organiques qui s'oxydent.

Une eau contenant de l'hydrogène sulfuré ne renferme plus d'oxygène en dissolution.

Dosage des matières azotées.

Les eaux naturelles ne contiennent ordinairement que des traces d'azote organique, d'azote ammoniacal et d'azote nitrique. Il importe donc de rechercher cette substance qui est un signe de pollution, lorsqu'elle existe en quantité appréciable.

a) Azote à l'état d'ammoniaque. — La présence de l'ammoniaque se reconnaît à l'aide du réactif de Nessler. Quelques gouttes de ce réactif versées dans 50 à 100 cc. d'eau contenant de l'ammoniaque y déterminent une coloration jaune. Si l'eau contient beaucoup d'ammoniaque, le réactif de Nessler détermine un précipité rouge.

Dosage. — Quand l'eau contient beaucoup d'ammoniaque, le plus simple est de la doser par le procédé Boussingault, en distillant dans l'appareil Schlœsing ou Aubin.

Si la quantité d'azote ammoniacal renfermé dans l'eau est faible, on se sert du procédé suivant basé sur l'emploi du réactif de Nessler.

On distille dans l'appareil Schlœsing ou Aubin 200cc. d'eeu additionnée de 0 gr. 50 de magnésie ou de soude caustique. On recueille dans une éprouvette graduée contenant quelques centimètres cubes d'acide sulfurique dilué le liquide qui distille, en s'arrêtant quand a recueilli enuiron 25cc. de liquide. Le liquide recueilli contient toute l'ammoniaque de l'échantillon.

Après agitation on en prélève 10cc. que l'on met dans un tube *a* de 100cc, gradué, par C.C. et on y ajoute 1cc. de réactif Nessler; il se produit une coloration d'autant plus intense qne l'eau contient plus d'ammoniaque.

Dans un autre tube *b* semblable au précédent, on introduit 10cc. d'une liqueur titrée contenant par litre, 1 milligr. d'azote à l'état de

chlorhydrate d'ammoniaque par litre et on y verse ensuite 1cc. de réactif de Nessler qui y détermine une coloration type, plus ou moins foncée que celle du tube précédent.

Si la coloration de l'eau à analyser contenue dans le tube *a* est moins foncée que celle du tube type *b*, c'est que l'eau essayée contient moins de 1 milligr. d'azote ammoniacal par litre. Si cette coloration au contraire est plus foncée que celle du tube type, on y ajoute de l'eau distillée exempte d'ammoniaqne jusqu'à ce qu'on obtienne l'égalité de teinte; supposons qu'il ait fallu y ajouter de l'eau jusqu'au trait 40cc., l'eau contiendrait $1 \times \frac{40}{10} = 4$ millig. d'azote ammoniacal par litre. Mais comme cette eau a été réduite au quart (100 cc. réduits à 25cc), il en résulte que l'eau naturelle contient 4 fois moins d'azote, soit $\frac{4}{4} = 1$ milligramme par litre. Si le liquide distillé contenait moins de 1 milligr. d'azote ammoniacal par litre, ce serait dans le 2e tube *b* qu'il faudrait verser de l'eau distillée pour ramener l'égalité de teinte; si, dans ce cas, il fallait verser de l'eau distillée jusqu'au trait 40 cc., le liquide essayé contiendrait $1 \times \frac{10}{40} = 0$ milligr. 25 d'azote ammoniacal par litre, et l'eau naturelle en contiendrait $\frac{0.25}{4} = 0$ milligr. 062 par litre.

L'équivalent de l'azote étant 14 et celui de l'ammoniaque 17, en multipliant l'azote obtenu par $\frac{17}{14}$ on obtient le poids de l'ammoniaque.

Ce procédé permet de doser des *traces* d'ammoniaque.

Nota. — Si l'eau est tellement chargée d'ammoniaque que l'addition du reactif de Nessler y produise une coloration rouge, on doit se borner à en prendre 5 cc., ou même seulement 1 cc., que l'on étend à 10 cc. avec de l'eau distillée ; on rectifie ensuite les résultats par le calcul.

b) *Azote nitrique.* — Toutes les eaux contiennent des traces de *nitrates*, mais quand leur proportion dépasse 8 à 10 milligr. par litre, c'est l'indice qu'elles sont polluées. On reconnaît et on dose les *azotates* sur le résidu de l'évaporation de l'eau dissous dans l'alcool à 90°. Dans quelques gouttes de liquide alcoolique filtré on met un cristal de brucine et on ajoute une goutte d'acide sulfurique pur. S'il y a des traces de *nitrates*, il se forme aussitôt une *auréole rouge sang* autour du cristal de brucine.

Pour opérer le dosage des azotates on porte à l'ébullition dans un ballon 25 cc. d'eau à analyser avec 50 cc. d'acide sulfurique mono-

hydraté pur, puis on verse avec une burette une solution titrée de sulfate d'indigo, jusqu'à ce que la liqueur ait pris une teinte vert-bleuâtre ; on contrôle l'opération en versant dans un second essai et d'une seule fois, le nombre trouvé de divisions d'indigo ; on doit obtenir la même nuance verte.

Titrage de la solution d'indigo. — Cette solution d'indigo est faite de telle sorte que 6 à 8 cc. correspondent à 1 milligr. d'acide azotique ; on l'obtient en dissolvant 1 partie d'indigo pulvérisé dans 6 parties d'acide sulfurique pur, ajoutant après 240 parties d'eau et filtrant. On la titre ensuite en l'étendant d'une quantité d'eau suffisante pour que 6 à 8 centimètres cubes de cette liqueur développent la teinte vert-bleuâtre dans un liquide contenant exactement 1 milligr d'acide azotique pur.

Nous indiquons ici les caractères des eaux saines et infectes tirées de la présence ou de l'absence de certains animaux ou végétaux dans leur sein. Une rivière qui reçoit les eaux-vannes d'une usine, s'en trouve réellement souillée.

M. A. Gérardin a démontré qu'une eau est saine « alors que les animaux et les végétaux, doués d'une organisation supérieure, peuvent y vivre ; elle est infectée, lorsqu'elle ne peut nourrir que des nfusoires ou des cryptogames. »

Les eaux *mauvaises* renferment surtout comme animaux : *l'englena viridis*, Desj., *l'englena sanguinea*, Desj., de la famille des Engléniens de Desjardins ; et parmi les algues, le *beggiatoa alba* (*Rabenhorst*), petite algue blanche s'agglomérant souvent pour former une crasse épaisse, et qui appartient à l'ordre des Nématogènes de la famille des Oscillariées, et *l'oscillaria natans* qui forme à la surface de l'eau une écume noire. Ces eaux ne contiennent plus d'oxygène en dissolution.

Les eaux *médiocres* renferment quelques rotifères, on y voit apparaître des algues vertes, mais très simples, non ramifiées, filamenteuses ou globulaires, gélatiniformes souvent. On y trouve l'*oscillaria viridis*, Desj., qui annonce l'amélioration de la qualité de l'eau, et une *palmella*. Parmi les gaz contenus dans l'eau, se trouve l'oxygène, mais en quantité moindre que la normale.

Les eaux *saines* enfin montrent des algues vertes, volumineuses, à structure complexe, à articulations marquées, montrant souvent des cellules fructifères distinctes des cellules végétales. Ces eaux contiennent une proportion normale d'oxygène, soit 6 à 8cc par litre.

De sorte que, en dosant la proportion d'oxygène dissous dans une eau mélangée à des eaux industrielles, on peut avoir la cote exacte des qualités hygiéniques de cette eau, et de l'influence bonne ou mauvaise qu'elle peut avoir sur les êtres vivants. (Voir *Annales d'hygiène*, 1875, t. III, page 5 et suivantes.)

I EAUX EXCELLENTES		II EAUX DE BONNE QUALITÉ	
ANIMAUX	PLANTES	ANIMAUX	PLANTES
Poissons	Ranunculus sceleratus (L.)	Larves d'éphémères........ (Vers rouges)..	Epis d'eau.
Crevettes.....			
Sangsues.....	Iris fœtida (Link.)		
Larves de libellules.....	Juncus compressus (Jacq.)	*Dytiques.......	Véroniques.
*Physa fontinalis (L.)...	Polygonum amphibium (L.)	Valvata piscinalis (Müll.).	Phragmites communis (Trn.)
*Unio pictorum (L.).........	Zanichellia palustris (L.)	*Ancylus lacustris (L.).......	
*Nerites	Myriophylum spicatum (L.)		
*Limnées......	Carex riparia (L.)	*Paludina vivipara (Linck)..	
**Diatomées....	Sparganium simplex (Hud.)		
**Infusoires	Potamogeton natans (L.)	*Planorbis albus (Müll.)	
**Bolbocace setigera.......	Sisymbrium nasturtium (L.)	Plus les mêmes micro-organismes qu'en I	
**Navicelles....			

III EAUX MÉDIOCRES		IV EAUX TRÈS MÉDIOCRES	
ANIMAUX	PLANTES	ANIMAUX	PLANTES
* Limnea ovata (Linck)......	Roseaux.	Sangsues noires	Carets.
*Limnea stagnalis (L.)......	Patiences.	Cyclascornea (L.)........	
Planorbis submarginatus (L)	Ciguës.	Bythinia impura (Stein).	
Planorbis complanatus (L)	Menthes.	*Planorbis corneus (L)....	
	Salicaires.	**Brachionus palea.........	
	Scirpes.	**Micrococcus....	
	Joncs.	**Amœba difluens.	
	Nénuphars.		
	Polygonum amphybium (L.)		
	var. natans.		

V

EAUX INFECTES

ANIMAUX	PLANTES
»	Arundo.
»	Phragmites (L.)

Les animaux précédés d'un * sont des mollusques ; ceux précédés de deux ** sont des micro-organismes (tabl. I, II, III, IV et V).

Limites des impuretés des eaux, adoptées par le Comité consultatif d'hygiène.

	Eau pure.	Potable.	Suspecte.	Mauvaise.
Chlore ou chlorure de sodium.......	<0.015	< 0.030	0.050—0.100	> 0.100
Acide sulfurique..	0.002—0.005	0.005—0.030	> 0.030	> 0.050
Matières organiques en oxygène.	< 0.001	< 0.002	0.003—0 004	> 0.004
Matières organiques et produits volatils..........	< 0.015	< 0.040	0.040—0.070	> 0.100
Degré hydrotimétrique total......	5 — 15	15 — 20	> 30	> 100
Degré hydrotimétrique après ébullition............	2 — 5	5 — 12	12 — 18	> 20

Nous terminerons cette étude sur les eaux par la description des procédés de dosage de l'*oxygène dissous*, de l'*hydrogène sulfuré* et de l'*azote* dans les eaux polluées.

CHAPITRE XII

Épuration des Eaux.

I

Épuration des eaux destinées à l'alimentation des générateurs, à la diffusion, à l'osmose, à la distillerie, à la féculerie, etc.

Il y a toujours lieu de rechercher, dans une sucrerie, si les eaux destinées à l'alimentation des générateurs, à la diffusion et à l'osmose ont besoin d'être épurées.

Eaux destinées aux générateurs. — Les eaux suceptibles de former des incrustations dans les générateurs doivent être épurées. Les substances incrustantes sont : le sulfate de chaux, le carbonate de chaux et la silice.

De ces trois substances, le *sulfate de chaux* est le plus nuisible, parce que ses dépôts adhèrent toujours aux tôles des générateurs. Quand le *carbonate de chaux* existe seul, il est moins à redouter, parce que ses dépôts sont plutôt pulvérulents. D'autre part, il arrive assez souvent qu'une simple ébullition précipite presque tout ce carbonate qui est dissous à la faveur de l'acide carbonique. Nous avons vu des eaux ayant un degré hydrotimétrique de 22° ne plus marquer que 3° à l'hydrotimètre après ébullition. Il est évident que la meilleure épuration à faire subir à cette eau consiste à la faire bouillir avant de l'employer à l'alimentation.

Quand le carbonate de chaux est associé au sulfate de chaux et à la silice, il devient inscrustant. Généralement la silice existe en si faible proportion dans les eaux qu'il est rarement utile de s'en préoccuper. Elle ne devient réellement nuisible que quand elle dépasse 0 gr. 003 par litre. D'après de très sérieux essais, il faut à 100° environ 640 litres d'eau pour tenir en dissolution 1 gr. de sulfate de chaux ; mais à 160°, température à laquelle a lieu la vaporisation dans les générateurs, il faut 1,000 litres d'eau pour en dissoudre 1 gr. Il en résulte qu'une eau qui contiendrait 1 gr. de sulfate de chaux

par litre serait absolument impropre à l'alimention sans être épurée, car aussitôt la vaporisation commencée, elle produirait des dépôts incrustants.

Une eau qui contiendrait 0 gr. 500 de sulfate de chaux par litre, pourrait être évaporée à moitié avant de produire des incrustations. Sa *valeur de vaporisation*, comme Fleischer propose de l'appeler, serait donc de 50 0/0. Une eau qui contiendrait 0 gr. 25 de sulfate de chaux par litre pourrait être évaporée aux trois quarts avant de produire des incrustations et sa valeur de vaporisation serait 100 — 25 = 75 0/0.

En un mot, on a pour valeur de vaporisation d'une eau contenant p centigrammes de sulfate de chaux par litre $V = 100 - p$.

Une eau contenant 0 gr. 13 de $CaSO^4 2H^2O$ — ($CaO,SO^3 2HO$) — par litre a pour valeur de vaporisation $V = 100 - 13 = 87$ 0/0, c'est-à-dire qu'on peut en évaporer 87 litres sur 100 avant de craindre des incrustations.

Dans un générateur, l'eau d'alimentation afflue constamment au fur et à mesure de la production de la vapeur, de sorte que la limite de saturation de l'eau par le sulfate de chaux est longue à se produire.

Elle sera évidemment saturée (elle contiendra 1 gr. de sulfate de chaux par litre), quand le volume aura été réduit au 1/10, c'est-à-dire quand les 100 hectolitres d'eau renfermés dans le générateur contiendront le sulfate de chaux de 1.000 hectolitres, en d'autres termes, quand le générateur aura vaporisé 900 hectolitres de l'eau constamment employée à remplacer celle qui aura été convertie en vapeur. Or, notre générateur évopore à l'heure 40 × 15 = 600 k. ou 6 hectolitres d'eau. Pour évaporer 900 hectolires, il mettra 150 heures ou 6 jours 6 heures. Au bout de ce temps, le générateur devra être complètement vidé, si l'on veut éviter les inacrustations. Avec un générateur tubulaire ou semi-tubulaire qui contient une masse d'eau beaucoup plus faible par rapport à sa puissance en chevaux-vapeur, ou relativement à sa surface de chauffe, la limite de saturation de l'eau serait atteint beaucoup plus rapidement.

La conclusion est qu'une eau qui contient par litre 0 gr. 10 de sulfate de chaux ne peut être employée sans épuration préalable, à l'alimentation des chaudières.

On admet généralement que jusqu'à 23° hydrométriqses, les eaux sont excellentes pour tous les usages. Si ces 23° étaient fournis exclusivement par du sulfate de chaux, comme 1° hydrotimétrique = 0 gr. 014 de ce sel, l'eau en contiendrait 0 gr. 322 par litre. D'après ce qui précède, il est évident qu'une telle eau serait absolument impropre à l'alimentation des générateurs, à moins d'épuration préalable.

Si le titre hydrotimétrique était formé moitié par des sulfates et

moitié par des carbonates, cette eau devrait impérieusement encore être épurée. Si le carbonate de chaux seul constituait le titre hydrotimétrique 23°, l'eau en contiendrait 0 gr. 237 par litre. Or un générateur à boulilleurs de 40 chevaux évaporant 144 hectolitres d'eau par 24 heures, accumulerait sur ses parois en 100 jours de fabrication 340 k. de carbonate de chaux formant un dépôt peu incrustant, il est vrai, mais qu'il vaudrait mieux évacuer de temps à autre, à l'aide d'un tuyau de vidange, plongeant dans la partie du générateur où s'accumulent les boues. La vidange doit se faire à feu tranquille ou couvert. Mais comme une eau simplement carbonatée peut être épurée par la seule ébullition, par l'emploi de la chaux, nous conseillons ce système d'épuration.

D'après ce qui précède, on voit que peu d'eaux sont propres à l'alimentation des générateurs.

En *distillerie* et *féculerie*, les eaux employées à l'alimentation provenant exclusivement des puits ou des rivières, il est nécessaire de les analyser pour en connaître la composition, et de les épurer pour peu qu'elles soient sulfatées. Or on peut poser en principe que les eaux de *puits* contiennent une quantité de sulfate de chaux telle que leur épuration est nécessaire. Cette proportion est généralement supérieure à 0 gr. 10 par litre. Les eaux de rivière non souillées en contiennent par contre beaucoup moins, et leur épuration est rarement nécessaire.

En *sucrerie*, où les générateurs peuvent être alimentés exclusivement par les eaux de retour et de condensation, c'est-à-dire par des eaux chimiquement pures, la question d'épuration perd de son importance. Cependant, si pour une cause ou une autre, on introduit de l'eau de puits dans les générateurs, on doit se préoccuper de leur composition chimique et voir s'il y a lieu de les épurer.

Eau employée à la diffusion. — On doit éviter à la diffusion ou sur la râpe, et même à l'extinction de la chaux, les eaux pouvant apporter dans les jus des sels solubles, tels que sulfate de soude et chlorures de calcium, sodium, magnésium, etc., parce que ces sels sont mélassigènes.

Les eaux bicarbonatées sont nuisibles à la diffusion, parce que les carbonates de chaux ou de magnésie (existant à l'état de bicarbonates) sont précipités par la température élevée qui règne dans les diffuseurs et retenus par les cossettes sur lesquelles ils forment des incrustations qui s'opposent à la diffusion rapide du jus.

Si les eaux renferment en notable quantité du sulfate de soude ou des chlorures, on doit les rejeter si on en a la possibilité, parce que ces sels ne peuvent être éliminés.

Les eaux sulfatées à moins de 1 gr. par litre ne nuisent pas précisément à la diffusion elle-même, mais comme le sulfate de chaux

est très mélassigène, et que surtout dans les jus concentrés, il se précipite et forme des incrustations sur les serpentins et sur les parois des tubes des appareils évaporatoires, celles qui en contiennent une notable proportion doivent être écartées. En épurant ces eaux par les procédés ordinaires à la chaux et à la soude, on ne produit aucune amélioration au point de vue mélassigène, car on ne fait que substituer un sel à un autre sel, le sulfate de soude, très soluble, au sulfate de chaux.

Il n'en est plus de même au point de vue des dépôts qui peuvent se former dans le triple effet ou sur les serpentins de la cuite.

Voyons quelle teneur maxima en sulfate de chaux peut avoir une eau pour être employée sans épuration à la diffusion. La solubilité du sulfate de chaux dans l'eau entre 0 et 100° C. est de 2 gr. par litre. Il faut donc, pour que l'eau puisse être employée sans épuration, que le sirop ou la masse cuite ne contienne jamais 2 gr. de sulfate de chaux par litre d'eau entrant dans sa composition.

En retirant d'une betterave à 7° de densité du jus de diffusion ayant une densité égale à 80 0/0 de la densité initiale, on introduit dans le jus par 100 kil. de racines environ 25 litres d'eau. Or 100 kil. de betteraves à 7° de densité donnent approximativement 20 litres de sirops concentrés à 24° B. dans le triple effet et contenant 10 litres d'eau. Dans ces 10 litres d'eau est renfermé tout le sulfate de chaux apporté par les 25 litres employés à la diffusion. Pour que la précipitation du sulfate de chaux ait lieu, il en faudrait donc 40 gr. dans ces 20 litres de sirop, c'est-à-dire que l'eau employée à la diffusion aurait dû en contenir une quantité minima de $\frac{40}{25} = 4,00$ par litre. Au dessous de cette limite, qui ne se présente d'ailleurs jamais, on n'a pas à craindre de dépôt de sulfate de chaux sur les tubes du triple-effet.

Les 100 kil de betteraves, donneront environ dix litres de masse cuite premier jet à 8 0/0 d'eau, c'est-à-dire contenant environ 1 litre 250 d'eau dans lequel sera réuni tout le sulfate de chaux apporté par les 25 litres d'eau employés à la diffusion. Pour que l'eau soit saturée et laisse déposer sur les serpentins du sulfate de chaux il faut verser dans ces dix litres de masse cuite 2 gr. 40 de sulfate de chaux. La quantité maxima que l'eau employée à la diffusion devrait en contenir pour que l'incrustation n'ait pas lieu est donc de $\frac{2,40}{25} = 0$ gr. 096 par litre.

Donc une eau qui renferme plus de 0 gr. 10 de sulfate de chaux par litre doit être épurée pour être employée à la diffusion.

Au point de vue *mélassigène*, les eaux qui contiennent 0 gr. 20 de sels par litre ne sont pas impropres à la diffusion, car pour la bet-

terave à 7° de densité, elles n'empêchent la cristallisation, par 100 kil° de betteraves que de 25 × 0,20 × 4 = 20 gr. de sucre, soit de 0.020 °/. de betterave, en admettant 4 pour le coefficient mélassigène des sels.

c) *Eau employée à l'osmose.* — Au point de vue mélassigène l'eau qui ne convient pas à la diffusion ne convient pas non plus à l'osmose. Ce qu'on doit éviter dans le travail de l'osmose ce sont surtout les eaux incrustantes, c'est-à-dire bicarbonatées et séléniteuses qui, en obstruant les pores du papier parchemin, en réduisent cons dérablement le débit en même temps qu'elles rendent le travail mauvais. Le bicarbonate de chaux est plus nuisible dans ces eaux que le sulfate, parce qu'il est plus incrustant. Il en est de même de l'oxyde de fer, on doit donc les épurer par les moyens chimiques quand elles contiennent des traces appréciables de ces sels après l'ébullition.

d) *Eau employée à la distillerie.* — Pour les générateurs, voir ce que nous avons dit précédemment.

L'eau employée à la râpe, sur les presses, à la macération, à la diffusion n'a pas besoin d'être aussi pure en distillerie qu'en sucrerie, parce que les impuretés, notamment les carbonates et les sulfates de chaux et de magnésie ne s'opposent pas à la fermentation, et, d'autre part, les incrustations ne sont pas à c aindre. Seules les matières organiques sont à redouter au même titre qu'en sucrerie, parce qu'elles pourraient provoquer des fermentations secondaires.

Il n'en est pas de même de l'eau employée dans les condenseurs et les réfrigérants. Elle doit être exempte de carbonate pour ne pas former sur les parois de ces appareils, des dépôts calcaires qui, en diminuant la conductibilité du métal, retarderaient le refroidissement des liquides ou la condensation des vapeurs alcooliques. Le sulfate de chaux, dès lors que l'eau n'en est pas saturée, n'offre pas le même inconvénient.

e) *Eau employée en féculerie et en amidonnerie.* — Les eaux calcaires et séléniteuses doivent être proscrites, parce que les sels calcaires en se déposant sur les produits, leur donnent une saveur désagréable, et empêchent l'empois de bien cuire et de prendre tout son liant

Pour les générateurs, voir ce que nous avons dit précédemment.

(f) *En glucoserie* les eaux calcaires sont nuisibles également parce que leurs dépôts troublent la transparence des sirops.

Voici maintenant les méthodes d'épuration à employer.

1° Cas d'une eau ne contenant que des bicarbonates de chaux ou de magnésie.

Quand l'eau ne contient que des bicarbonates de chaux ou de magnésie, l'ébullition seule, en chassant l'acide carbonique en excès, les ramène à l'état de carbonates insolubles qui se précipitent.

Certaines eaux marquant 22° hydrotimétriques, ce qui correspondrait à 0 gr. 237 de carbonate de chaux par litre, ne marquent souvent plus que 3 à 4° après ébullition. L'épuration est tout à fait satisfaisante. Il n'y a plus qu'à séparer, par filtration ou décantation, le dépôt formé.

Quand l'eau doit être employée froide, ce mode d'épuration ne saurait convenir ; on le remplace par l'épuration *à la chaux* qui transforme les bicarbonates en carbonates. La chaux peut être ajoutée sous forme de lait de chaux, ou d'eau saturée de chaux.

$$CaO\,(CO^2)^2 + CaO = 2\,CaCO^3$$
$$(CaO,2CO^2 + CaO = 2CaO,CO^2)$$

2° Cas d'une eau ne contenant que du sulfate de chaux

L'épuration se fait avec le carbonate de soude. Il se forme du carbonate de chaux insoluble et du sulfate de soude soluble restant dans l'eau.

$$CaSO^4 + Na^2CO^3 = CaCO^3 + Na^2SO^4$$
$$(CaO,SO^3 + NaO,CO^2 = CaO,CO^2 + NaO,SO^3)$$

3° Cas d'une eau contenant des bicarbonates de chaux, des sulfates, des chlorures de chaux et de magnésie.

On pratique l'épuration au moyen de la *chaux* et de la *soude caustique*.

La chaux transforme les bicarbonates de chaux et de magnésie solubles en carbonates insolubles.

$$CaO(CO^2)^2 + CaO = 2CaCO^3$$
$$MgO(CO^2)^2 + CaO = MgCO^3 + CaCO^3$$
$$\left(\begin{array}{l}CaO\,2CO^2 + CaO\,HO = 2(CaO,CO^2) + HO\\ MgO,2CO^2 + CaO,HO = 2(MgO,CO^2 + HO\end{array}\right)$$

Quand l'eau contient des sulfates de chaux et de magnésie, l'épuration à la chaux seule ne les enlève pas ; il faut employer en outre la *soude caustique*.

On ne peut faire usage du carbonate de soude, car ce sel mélangé à l'eau de chaux serait décomposé et il se formerait un dépôt de car-

bonate de chaux; mais il faut cependant que la soude caustique puisse se transformer dans l'eau à épurer en carbonate de soude, lequel réagit ensuite sur les sulfates et les chlorures de maguésium et de calcium.

Voici les réactions :

$$2CaO(CO^2)^2 + CaSO^4 + CaO + 2NaHO$$
$$= 3CaCO^3 + CaSO^4 + Na^2CO^3 + H^2O$$
$$= 4CaCO^3 + Na^2SO^4 + H^2O$$

$$\left(\begin{array}{c} 2(CaO.2CO^2) + CaO.SO^3 + CaO.HO + NaO,HO \\ = 3(CaO,CO^2) + CaO,SO^3 + NaO.CO^2 + 2HO \\ = 4(CaO.CO^2 + NaO,SO^3 + 2HO \end{array}\right)$$

Les réactions sont les mêmes avec le sulfate de magnésie. Avec le chlorure de calcium, les réactions sont les suivantes :

$$2CaO(CO^2)^2 + CaCl^2 + CaO + 2NHO$$
$$= 3CaCO^3 + CaCl^2 + Na^2CO^3 + HO^2$$
$$= 4CaCO^3 + 2NaCl + H^2O$$

$$\left(\begin{array}{c} 2(CaO.2CO^2) + CaCl + CaO.HO - NaO.HO \\ = 3(CaO,CO^2) + CaCl + NaO.CO^2 + 2HO \\ = 4(CaO.CO^2) + NaCl + 2HO \end{array}\right)$$

Les réactions sont analogues avec le chlorure de magnésium. Quand les eaux renferment de la *silice*, cette substance se trouve toujours précipitée par le traitement épuratif.

Après un semblable traitement les eaux ne contiennent plus que du sulfate de soude et du chlorure de sodium qui en raison de leur grande solubilité sont inoffensifs pour l'alimentation des générateurs. Pour l'osmose, les eaux ainsi épurées sont également préférables, puisqu'elles ne forment pas de dépôt, mais au point de vue mélassigène, le changement est peu sensible, un sel étant remplacé par un autre sel.

Si les eaux contiennent des matières organiques, l'épuration précédente ne les enlève pas ; on a recours alors à un sel de fer, le perchlorure de fer par exemple, ou le protosulfate. Il se forme un précipité volumineux d'oxyde de fer qui englobe et entraîne les matières organiques :

$$FeSO^4 + Ca(OH)^2 = CaSO^4 + Fe(HO)^2$$
$$\text{ou bien } Fe^2Cl^6 + 3CaO = 3CaCl^2 + Fe^2O^3$$

$$\left(\begin{array}{c} FeO.SO^3 + CaO.HO = CaO,SO^3 + FeO.HO \\ \text{ou bien } Fe^2Cl^3 + 3CaO = 3(CaCl) + FeO^3 \end{array}\right)$$

Les sels de chaux qui prennent naissance dans ces réactions sont transformés ensuite par l'épuration, soit en sulfate de soude, soit en chlorure de sodium.

Les eaux ainsi traitées doivent être débarrassées des dépôts et précipités qui se sont formés. On conçoit que les dispositifs employés

dans ce but puissent être anssi nombreux que variés. MM. Gaillet et Huet, ingénieurs à Lille, en ont imaginé un dont le fonctionnement ne laisse rien à désirer.

Ou peut aussi employer la magnésie hydratée et le carbonate de magnésie pour l'épuration des eaux. La magnésie hydratée décompose les bicarbonates des métaux terreux en les convertissant en carbonates insolubles, en même temps qu'il se forme du carbonate de magnésie. Le carbonate de magnésie décompose le sulfate de chaux en produisant du carbonate de chaux insoluble et du sulfate de magnésie soluble. M. Bohlig, en Allemagne, a imaginé un appareil pour pratiquer industriellement l'épuration de l'eau par ce procédé.

Ajoutons que nous conseillons toujours l'épuration de l'eau destinée aux générateurs, de préférence à l'emploi des désincrustants qui ne sont que des palliatifs.

II

Épuration des eaux-vannes de Sucrerie, Distillerie, Féculerie, etc.

Les eaux-vannes de sucrerie, celles provenant du lavage de la betterave, les petites eaux des diffuseurs, les eaux de pression des cossett.s épuisées, celles de lavage du noir, les eaux d'exosmose, les eaux de condensation des pompes à air, sont considérées comme insalubres et à ce titre ne peuvent êtres déversées dans les cou;s d'eaux. Il n'est pas permis non plus de les laisser s'infiltrer dans les puits, sources et fontaines servant à l'alimentation du public ou des particuliers.

Il en est de même des vinasses de distillerie et des eaux de féculerie.

Lorsque les eaux de sucrerie sont jetées dans un cours d'eau d'un faible débit, elles y déterminent la formation d'algues filamenteuses qui s'accumulent sur ses bords et recouvrent bientôt d'une couche mucilagineuse et grisâtre toutes les végétations vertes qui s'y trouvent. L'eau devient impropre aux usages domestiques, son oxygène disparaît, absorbé par ces végétations parasites, et les poissons y meurent asphyxiés.

Les bassins de décantation, tels qu'on les emploie en général dans les sucreries, ne sont pas même une atténuation au mal, ils sont remplis, au bout de quinze jours de fabrication, par la terre et les résidus entraînés, et l'eau se fait, à la surface de ces dépôts, quelques rigoles par lesquelles elle s'écoule librement.

Les puits absorbants auxquels on a eu recours, ont eu pour effet d'altérer la nappe d'eau souterraine et par suite les puits voisins, même à des distances de cinq à six cents mètres. Les courants, dans les couches inférieures du sol, se propagent en effet, non seulement par filtration, mais aussi et surtout par infiltration à travers les fissures de la roche calcaire. Les puits absorbants ne peuvent d'ailleurs fonctionner longtemps ; ils sont bientôt obstrués par des dépôts de matières organiques.

Il y a donc nécessité d'épurer ces eaux.

Le vrai moyen pratique, dit M. Pagnoul, consiste dans les irrigations sur des surfaces assez étendues où les eaux, suivant les sillons convenablement tracés, puissent pénétrer dans le sol auquel elles apportent ainsi les éléments fertilisants qu'elles renferment. Le terrain doit être drainé si le sous-sol n'est pas suffisamment perméable.

Au contact de l'oxygène de l'air, les matières organiques s'oxydent se déposent et sont retenues dans le sol et l'eau arrive tout à fait inoffensive à la rivière. L'important est de disposer d'un terrain convenable et d'une superficie suffisante. Il faut compter une surface d'au moins 2 m. q par hectolitre d'eau à déverser par 24 heures. La terre ayant reçu cet arrosage est ensuite utilement livrée à la culture et peu produire d'abondantes récoltes. Toutefois, pour les vinasses de distillerie qui sont acides, il est souvent nécessaire de les saturer préalablement avec de la chaux, pour qu'elles ne brûlent pas les végétaux.

Mais ce procédé n'est pas toujours facile à employer, parce qu'on ne dispose pas toujours de terrain convenable. Il faut alors recourir à l'épuration chimique.

Une sucrerie de Seine-et-Oise a installé sur nos conseils le mode suivant d'épuration des eaux de lavage de la betterave et du noir, et des eaux de condensation des pompes à air des appareils à évaporer.

Au sortir de l'usine, les eaux de lavage de la betterave se rendent dans les fosses de décantation où elles séjournent quelques jours ; de là elles se rendent dans une rigole qui reçoit également les eaux de lavage du noir ainsi que les eaux de condensation des pompes à air des machines à cuire et à évaporer.

A l'extrémité de la rigole se trouve un grand bassin muni d'un système de chicanes en maçonnerie qui obligent l'eau à parcourir un long chemin avant de se rendre à la rivière. C'est dans les rigoles formées par ces chicanes que se fait l'épuration. Une partie de l'eau, environ le 1/4 se déverse dans la première rigole et chemine sur de la chaux vive placée sur un grillage où elle se sature de chaux.

Le reste de l'eau, c'est-à-dire les 3/4 se déverse dans une seconde

rigole parallèle à la première, et reçoit un filet de chlorure ou de sulfate de fer liquide, qui s'écoule d'un tonneau.

Les deux veines liquides, chargées chacune d'un réactif, se rencontrent plus loin, se mélangent, et l'eau s'épure dans son parcours le long des autres rigoles.

Les matières organiques précipitées se déposent rapidement dans un bassin de décantation situé au sortir de la série des rigoles et les eaux très limpides se rendent à la rivière qu'elles ne souillent aucunement. On calcule la quantité d'eau à déverser sur la chaux suivant la quantité de chaux qu'il faut employer à l'épuration, sachant que l'eau après son passage sur la chaux contient environ 1 gr. de cet alcali par litre.

Quand au sel de fer, il est facile, en l'étendant convenablement d'eau et en ouvrant convenablement le robinet du tonneau qui le contient, d'en employer la quantité indiquée par l'analyse.

On renouvelle une fois par jour la chaux et le perchlorure.

Toutes les eaux de sucrerie, même celles provenant des presses à cossettes qui sont très chargées en matières organiques, les eaux de distillerie et celles de féculerie qui sont les plus mauvaises, s'épurent parfaitement par ce procédé, dont l'installation est peu coûteuse. Le dépôt provenant de l'épuration et recueilli dans un bassin constitue un excellent engrais.

M. Manoury s'est attaché depuis plusieurs années à trouver un procédé qui épure parfaitement les eaux de sucrerie.

Voici comment il opère :

Petites eaux de la diffusion. — Pour les épurer, il les traite au moyen du protochlorure de fer et de la chaux. Le précipité se dépose rapidement ; on soutire le liquide clair que l'on fait rentrer à la diffusion. Dans certains départements, dans le Nord notamment, l'administration ne permet pas de déverser ces eaux, même épurées, dans les rivières. M. Manoury prétend que la rentrée de ces eaux à la diffusion ne porte aucun préjudice au travail et que l'on gagne le sucre qu'elles contiennent.

Autres eaux résiduaires, lavage de betteraves, etc. — Pour ces eaux, il ne paraît pas y avoir, de la part des conseils d'hygiène, opposition à les écouler dans les cours d'eaux, après épuration et clarification.

M. Manoury indique les deux procédés suivants comme pouvant être employés à cet effet :

1° *Le procédé au perchlorure de fer et à la chaux ;*

2° *Le procédé Oppermann au protochlorure de fer, au sulfure de sodium et à la dolomie calcinée.*

Pour l'application du procédé au perchlorure de fer, on place dans un tonneau, une dissolution à une densité donnée dont on règle

l'écoulement dans le canal de sortie des eaux à épurer au moyen d'un robinet en bois. Le mélange des eaux et de perchlorure de fer reçoit, à environ 8 à 10 mètres plus bas, un filet de lait de chaux d'un débit réglé également au moyen d'un robinet. La chaux décompose le sel de fer, donne du chlorure de calcium et de l'hydrate de péroxyde de fer très volumeux et lourd qui, en se précipitant, entraîne toutes les matières en suspension et produit rapidement la clarification du liquide boueux. L'eau ainsi épurée a un très bel aspect, mais sa limpidité ne tarde pas à faire place à un louche par suite de la carbonatation de la chaux par l'acide carbonique de l'air. D'un autre côté, les matières organiques que la chaux tenait en dissolution, devenant libres, ne tardent pas à entrer en fermentation et cela avec une énergie beaucoup plus grande par suite de leur état de division et de désagrégation.

On voit que la chaux qui, dans ce procédé, est employée en fortes proportions, ne fait que masquer le mal et qu'aussitôt qu'elle disparaît par des causes naturelles ou autres, les accidents reparaissent immédiatement. La chaux est un alcali énergique qui attaque et corrode les matières organiques très rapidement; comme dans le procédé au perchlorure de fer on en emploie de fortes quantités, on solubilise de la sorte beaucoup de matières organiques, ce qui est un grave inconvénient.

Procédé Oppermann. — Dans le procédé Oppermann, qui est très employé en Allemagne et que j'ai eu plusieurs fois l'occasion d'appliquer dans plusieurs sucreries pendant la dernière campagne, dit M. Manoury, les choses se passent d'une tout autre façon. Les agents chimiques employés sont le protochlorure de fer, le sulfure de sodium et la dolomie calcinée. On fait des dissolutions de protochlorure de fer et de sulfure de sodium que l'on mélange en proportions telles que le 1/6 du fer environ soit transformé en sulfure de fer. Ce mélange est mis dans un tonneau dont on règle l'écoulement dans l'eau à épurer comme dans l'emploi du perchlorure de fer; à une dizaine de mètres plus loin, sur le canal d'évacuation des eaux sales, on installe deux bacs superposés, le bac supérieur sert à préparer le lait de la dolomie calcinée, tandis que le bac inférieur sert de réservoir au lait de dolomie dont on règle l'écoulement dans l'eau sale ayant reçu le mélange de protochlorure de fer et de sulfure de sodium, à l'aide d'un distributeur mécanique.

La chaux du lait de dolomie passe en grande partià l'état de chlorure de calcium en précipitant de l'hydrate de protoxyde de fer très lourd et très volumineux qui entraîne dans sa précipitation rapide toutes les matières en suspension. Le peu de chaux en excès pour décomposer le sel de fer se carbonate rapidement à l'air ce qui fait que là, l'eau n'est pas alcaline par la chaux seule mais en forte pro-

portion par la magnésie. Or, la magnésie est extrêmement peu soluble dans l'eau, sa causticité est faible, aussi ne solubilise-t-elle pas les matières organiques en suspension et n'attaque-t-elle pas celles en dissolution comme le fait la chaux, elle se carbonate très lentement et n'a pas d'influence mauvaise sur ta vie des poissons. Par suite de ces propriétés de la magnésie, les inconvénients dus à l'emploi de la chaux seule signalés plus haut ne se produisent pas, l'eau se conserve sans se corrompre ainsi qu'on a pu le constater dans les bassins de la sucrerie de Lambres, par exemple, qui a employé pendant toute la dernière campagne ce procédé. Outre l'hydrate de magnésie venant de la dolomie, la chaux précipite de l'hydrate de protoxyde de fer qui, sous l'influence de l'oxygène de l'air, passe rapidement à l'état de péroxyde; d'un autre côté, le sulfure de fer existant se transforme en sulfate de fer aux dépens du péroxyde de fer qu'il fait repasser à l'état de protoxyde. Le sulfate de fer étant très soluble se trouve ainsi mis en contact des matières organiques disséminées dans l'eau à épurer, il les brûle et repasse à l'état de sulfure de fer insoluble en leur abandonnant son oxygène. Pendant ce temps le protoxyde de fer a eu le temps d'absorber à nouveau l'oxygéne de l'air pour repasser à l'état de péroxyde que rencontre le sulfure de fer réduit par les malières organiques; il réduit à son tour le péroxyde de fer et se transforme en sulfate de fer qui se dissout pour recommencer la même série de réactions tant qu'il reste des matières organiques à brûler. Cette action est tellement complète que les fosses à décanter et les boues qu'elles renferment n'ont plus les odeurs désagréables caractéristiques aux matières organiques en décomposition que l'on observe dans les fabriques qui n'emploient pas ce mode d'épuration. Outre l'épuration plus complète, le procédé Oppermann offre en outre l'avantage d'être moins coûteux que le procédé au perchlorure de fer et à la chaux.

Si la fabrique se trouve à proximité d'un cours d'eau d'un grand débit, il n'y a pas le moindre inconvénient à ce que les eaux épurées s'y déversent directement, parce que le mélange donnera une eau renfermant une quantité d'oxygène suffisante à la vie des poissons. Pour une fabrique n'ayant qu'un cours d'eau d'un faible débit pour l'écoulement de ses eaux épurées, il ne faut pas songer à les y déverser directement après épuration sous peine d'y constater les inconvénients des eaux impropres à la vie des poissons.

Ces inconvénients ne résultent pas des impuretés contenues dans l'eau, mais bien du manque d'oxygène qui rend cette eau impropre à la vie animale. Si cette eau est fortement divisée au contact de l'air de façon à ce quelle renferme en dissolution une proportion d'oxygène égale à celle d'une eau potable, immédiatement elle devient habitable pour les poissons et les végétaux aquatiques. C'est ce point

qui a été négligé par tous les expérimentateurs et leurs s fait dire que les procédés chimiques ne donnent pas d'épuration suffisante puisque les poissons ne peuvent vivre dans l'eau épurée que quelques heures de plus que dans l'eau sale. C'est tellement vrai que si l'on met des poissons dans de l'eau distillée qui est chimiquement pure ou à peu près, ils y vivront moins longtemps que dans l'eau sale des fabriques de sucre. Ces faits montrent qu'il faut rendre à l'eau épurée avant de la déverser dans les cours d'eau de faibles débits l'oxygène qui lui a été enlevé par les réactions chimiques produites dans son sein.

Comme moyens pratiques à recommander, il y a l'irrigation qui, dans ce cas, exige des espaces bien moindres que si on veut irriguer avec l'eau impure, comme on l'a souvent recommandé.

Mais comme les fabriques n'ont pas toujours des terrains à leur disposition, M. Manoury leur rcommande dans ce cas l'emploi d'appareils semblables à ceux employés au refroidissement des eaux condensées des appareils d'évaporation, en diminuant la largeur des dits appareils et augmentant l'espacement des couches de fagots de façon à mettre l'eau ainsi divisée au contact du maximum possible d'air.

L'eau bien épurée et aérée dans les conditions ci-dessus pourra alors être déversée dans les cours d'eau du plus faible débit sans y provoquer de trouble chez les espèces animales ou végétales qui y vivaient

---

ANALYSES

RELATIVES A LA CANNE A SUCRE

et à la fabrication du sucre de cannes.

Extraction du vesou de la canne.

L'extraction du vesou de la canne au moyen des moulins, par double pression, est d'environ 65 à 70 kil. par 100 kil. de cannes. La perte est donc de 20 à 25 0/0 du poids du jus ou du sucre. Pour une canne à 15 0/0 de sucre, l'extraction n'est que de 12, et la perte est de 3.

L'emploi du défibreur permet d'augmenter l'extraction de 8 à 10 0/0 en vesou.

Il est impossible d'épuiser complètement la canne par la pression, même en arrosant la bagasse entre les différentes pressions successives, et la perte en sucre dans ce résidu est d'autant plus grande que la canne est plus riche.

La *diffusion* pe met d'épuiser presque complètement la canne et de ne laisser dans les cossettes ou bagasse que 0,50 de sucre. Aussi ce procédé se substituera-t-il au travail par les moulins. Dans un très petit nombre d'années, la plupart des sucreries de cannes, en dépit de la routine, auront installé la diffusion et augmenté considérablement les rendements obtenus jusqu'à ce jour.

Le tableau suivant dû à M. Biard (*Bulletin de l'Association des Chimistes, 15 avril 1889*), établit la comparaison entre le travail par les moulins avec 2 pressions, le même travail avec addition du défibreur, et la diffusion.

Produits pour 100 *kilogs de cannes.*

PRODUITS		Pression 65 0/0	Pression 70 0/0	Diffusion
Sucre dans la canne	K	14.31	14.31	14.31
Sucre dans le jus..............	K	10.82	11.65	13.81
Sucre perdu à l'extraction.....	K	3.49	2.66	0.50
Vesou acidifié à 7 0/0..........	L	64.49	69.45	123.05
Masse cuite 1er jet.............	K	12.58	13.55	16.05
Sucre brut à l'emballage......	K	9.43	10.16	12.04
Sucre pur ou rendement réel...	K	9.15	9.86	11.68
Mélasse	K	2.25	2.42	2.87

Il est prouvé qu'on peut épuiser la cossette à moins de 0,50 de sucre, en tirant du diffuseur 100 à 105 litres de jus par 100 kil. de cannes.

On peut utiliser les cossettes épuisées comme chauffage après les avoir pressées dans les moulins et en modifiant convenablement les foyers.

La diffusion permet de produire la défécation du vesou dans les diffuseurs mêmes, au moyen d'une très petite quantité de chaux, environ 1/1000, de sorte que la défécation dans les chaudières, la filtration et les écumes sont supprimées. Le jus en sortant de la batterie va directement au triple-effet. Ce mode de travail réduit les opérations de la fabrication du sucre à l'extraction du jus, à l'évaporation, à la cuite et au turbinage.

Nul doute que ce procédé de fabrication, qui est celui de l'avenir, ne soit bientôt adopté dans la plupart des sucreries de cannes.

Analyses relatives à la canne à sucre et à la fabrication du sucre de cannes.

I. — Analyse de la canne à sucre.

a) Méthode indirecte par l'analyse du jus. — On fait les mêmes dosages que pour le jus de betteraves ; nous y renvoyons donc le lecteur en nous bornant à faire ici quelques observations importantes.

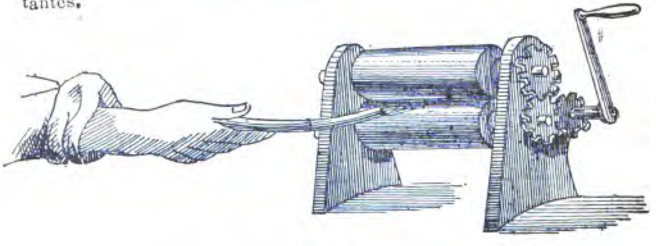


Fig. 43.

Echantillonnage. — Pour avoir un échantillon moyen, il faut passer au moulin la plus grande quantité possible de cannes *entières*, ou de *quarts de cannes*, divisés longitudinalement.

Si on ne peut pas se servir de moulin, on hache la canne sur un

bloc en bois à l'aide d'un lourd couteau à trois lames parallèles. La pulpe hachée aussi menue que possible est soumise à l'action d'une forte presse pour en exprimer le jus. La presse qui convient le mieux est la presse à double vis, figures 11 et 12, page 168.

Densité. — Il est très important de la déterminer avec des instruments précis, soit densimètres, soit aréomètres Baumé, divisés en 1/10 de degré. Il faut aussi avoir soin de toujours déterminer la température avec un bon thermomètre.

Dosage du glucose. — On le dose par la liqueur de Viollette en opérant dans le tube à essai comme à l'ordinaire; mais comme il est difficile d'apprécier la fin de la réaction, parce que l'oxyde rouge de cuivre se dépose difficilement, on a recours à la modification suivante imaginée par le docteur Wiley, de Washington. On juge de la fin de la réduction en filtrant quelques gouttes du liquide dans un vase blanc, un creuset de porcelaine par exemple, dans lequel on verse d'abord une goutte d'une solution de ferrocyanure de potassium acidifié avec de l'acide acétique. Pour obtenir des résultats exacts, la filtration doit être aussi rapide que possible et être faite à une température élevée.

Voici le moyen par lequel on peut remplir ces deux conditions. On se sert d'un tube de verre ouverts aux deux bouts, de 10 à 20 centimètres de longueur et de 15 à 20 millimètres de diamètre. A l'une de ses extrémités le tube est muni d'un rebord qui permet de l'obturer avec un morceau de toile fine maintenue avec une ligature pratiquée au moyen d'un fil.

On peut fabriquer facilement ce tube en chauffant l'une de ses extrémités que l'on presse ensuite sur un bloc de bois.

On introduit la partie du tube munie de son diaphragme dans une petite capsule contenant de l'amiante finement découpée et divisée, en suspension dans l'eau et on aspire environ un centimètre cube d'eau. Le diaphragme de toile se tapisse ainsi d'une légère couche d'amiante. L'eau aspirée est alors transvasée. et le tube est en état d'être employé.

Quand on juge que la réduction de la liqueur de Fehling est complète, on introduit l'extrémité couverte du tube dans le liquide bouillant et on aspire quelques gouttes que l'on verse dans le creuset de porcelaine contenant le ferrocyanure de potassium et l'acide acétique.

S'il se produit un précipité brun de ferrocyanure cuivrique, c'est un signe que la réduction n'est pas complète. On continue l'affusion de la liqueur sucrée jusqu'à ce que ce précipité ne se produise plus.

On peut de cette manière juger promptement et avec la plus grande exactitude de la fin de la réaction.

On peut aussi employer la modification indiquée par M. Baudry et que nous avons décrite précédemment en parlant du dosage de l'incristallisable dans les mélasses de betteraves.

On opère sur 10cc du liqueur de Viollette, et la liqueur sucrée est préparée en amenant 10cc de jus de canne ou vesou à 100cc avec de l'eau ordinaire. Les chiffres de la colonne 2 de la table 68, divisés par 10 donnent la teneur du vesou en glucose.

On peut opérer sur le vesou déféqué ou non au sous-acétate de plomb.

Dosage du ***sucre cristallisable.*** — Ordinairement on dose le sucre cristallisable par une seule observation au saccharimètre, absolument comme s'il s'agissait du jus de betterave. Mais pour les dosages rigoureux, cette manière de procéder est inexacte, parce qu'il est reconnu que le glucose existant toujours en assez forte proportion dans la canne, exerce une influence non négligeable sur la lumière polarisée. La polarisation directe donne par conséquent des résultats trop faibles. Il faut donc avoir recours à la méthode Clerget.

On prend 50cc du jus, auquel on ajoute 2cc de sous-acétate de plomb, et on fait 100cc avec de l'eau ordinaire. On filtre et on polarise. La lecture du saccharimètre est multipliée par 2.

On introduit ensuite 50cc de la solution filtrée dans un ballon de 50-55cc., et on ajoute 5cc d'acide chlorhydrique concentré, puis on chauffe pendant 15 minutes pour porter le liquide à 70° C. de température. On refroidit sous un courant d'eau, on filtre et on polarise dans un tube de 220mm. en notant la température du liquide aussitôt après la polarisation. La lecture du saccharimètre est multipliée par 2. Si la deuxième polarisation a été faite dans un tube de 200 mm. on ajoute 1/10 à la lecture du saccharimètre, pour tenir compte de l'augmentation de volume due à l'addition de HCl. On calcule ensuite le sucre cristallisable à l'aide de la formule :

$$P = \frac{P^1 + P^2}{144 - 1/2\,t} \times F$$

Dans laquelle P = le sucre dans 100cc. de jus.

P^1 = la lecture de la première observation.

P^2 = la lecture après inversion.

t = la température du liquide interverti au moment de l'observation.

F = le poids du sucre pur qui donne une lecture de 100° pour 100cc (16 gr. 20 avec le saccharimètre Laurent).

Soit : Polarisation directe = 99° = P^1
Polarisation inverse = 40.50 = P^2
Température = 21°C = t

et 16 gr. 20 la prise d'échantillon pour la graduation du saccharimètre.

$$\text{Nous avons } P = \frac{99 + 40.50}{144 - \frac{24}{2}} \times 16.20 = 16.491$$

L'analyse directe donnait 99 × 16.2 = 16.038 de sucre cristallisable pour 100cc. de jus.

Voir aussi ce que nous avons dit de la méthode Clerget à propos de l'analyse des masses cuites et des mélasses de betteraves.

On calcule la teneur en sucre de la canne en admettant que celle-ci contient environ 90 pour 100 de son poids en jus.

On peut aussi doser le cristallisable par la liqueur cuivrique. Voici comment on opère : on dose d'abord le glucose préexistant dans le jus, soit : 1.40 pour 100cc.

On intervertit ensuite avec l'acide chlorhydrique ou l'acide sulfurique 10cc. de jus additionnés d'eau dans un ballon de 100cc. après refroidissement on complète avec de l'eau, le volume de 100cc., et l'on dose le sucre interverti par la liqueur cuivrique. Les résultats sont multipliés par 10, soit 18.90 de sucre interverti pour 100cc.

De ces 18.90 on retranche le glucose préexistant 1.40, on a 18.90 — 1.40 = — 17.50 de sucre interverti. Or, 100 de sucre interverti correspondent à 95 de sucre cristallisable ; donc on a : sucre cristallisable =

$$\frac{95 \times 17.50}{100} = 16.625$$

b) ***Méthode directe pour l'analyse de la canne.***

On pèse 3 fois 16 gr. 20 ou 48,6 de canne finement coupée, divisée et on les introduit dans un ballon Pellet jaugé à 304 cc. 48 (1) et on ajoute de l'eau et 5 cc. de sous acétate de plomb pour atteindre le trait de jauge. On chauffe une demi-heure ou une heure au bain-marie. Après refroidissement on complète, s'il y a lieu, avec de l'eau, jusqu'au trait de jauge, et on mélange par retournement ; on filtre. On dose ensuite sur le liquide filtré le sucre cristallisable par la méthode Clerget,

Le sucre cristallisable se calcule par la formule $P = \frac{100\ S}{144 - 1/2t}$,

S représentant la somme des deux polarisations. Soit 33° de polarisa-

(1) La canne à sucre contient environ 90 0/0 de son poids de jus, et 10 0/0 de cellulose. En admettant que la densité de la cellulose est à peu près égale à celle de l'eau, nous avons pour le volume occupé par la cellulose de 3 × 16.20 de canne $\frac{16.20 \times 3 \times 10}{100}$ = 4 cc. 48. Voilà pourquoi le ballon est jaugé à 304 cc. 48.

tion directe dans un tube de 400^{mm} et 10.5 la polarisation après inversion dans un tube de 400^{mm} également à la température de 24° C.

Nous avons $\frac{33}{2} = 16.50$ polarisation directe dans un tube de 200^{mm}

$\frac{10,5 + 1,05}{2} = 5.775$ polarisation après inversion dans un tube de 200^{mm} à la température de 24° C.

Appliquant la formule nous avons

$$\text{Sucre cristallisable} = P = \frac{100\,(16.5 + 5.775)}{114 - \frac{24}{2}} = \frac{2227.5}{132} = 16.87 \text{ pour } 100$$

de canne.

On dose ensuite le glucose par la liqueur cuivrique comme nous l'avons expliqué.

Il va sans dire qu'on peut aussi doser le sucre cristallisable par la liqueur cuivrique sur le liquide interverti. En retranchant du sucre interverti total trouvé le glucose préxistant, on obtient le sucre interverti correspondant au sucre cristallisable ; on calcule ce dernier en se rappelant que 100 de sucre interverti représentent 95 de cristallisable.

Pour réduire la canne en pulpe fine, on peut employer la râpe Pellet, à disque de Keil, en râpant sur le côté ; mais il vaut mieux se servir d'une râpe à tambour (fig. 1 et 2), dont le tambour, au lieu d'être en bois armé de lames de scie, est en acier taillé comme un disque de Keil.

Détermination de la proportion de jus et de marc contenus dans la canne.

On lave à l'eau tiède d'abord, à l'eau bouillante ensuite, dans un appareil à déplacement, 25 ou 50 gr. de pulpe de canne très fine, telle qu'on l'obtient avec la râpe Pellet. Quand les dernières eaux de lavage, évaporées sur une lame de platine, ne laissent plus de résidu, on recueille la pulpe restée dans l'appareil et on la dessèche à 100 — 105°. Son poids représente le ligneux ou marc de la canne. Soit 5 gr. 05 le poids du résidu sec provenant de l'épuisement à l'eau bouillante de 50 gr. de pulpe de canne ; cette canne contient $5,05 \times 2 = 10.10$ 0/0 de marc et $100 - 10.10 = 89.90$ 0/0 de jus.

Quand on fait l'analyse du vesou, il est utile de connaître la proportion de jus que contient la canne, pour pouvoir passer de la richesse du jus à celle de la plante.

Analyse de la bagasse.

On dose l'*eau* et le *sucre*.

Eau. = On dose l'eau sur 10 gr. de bagasse finement divisée au moulin. On chauffe à l'étuve à 110° C. Soit 50 0/0 d'eau.

Sucre cristallisable et glucose. — On pèse 50 gr. de bagasse préparée comme il est dit pour la canne et on les introduit avec 5 cc. de sous-acétate de plomb dans un flacon jaugé à 520 et 530 cc. sur le col. L'espace compris entre ces deux jauges et divisé en CC. Quand la bagasse contient 50 0/0 d'humidité, on remplit le ballon avec de l'eau jusqu'au trait 525 cc. On a ainsi 500 cc. de liquide, les autres 25 cc. sont occupés par la cellulose dont la densité peut être estimée égale à 1. Si la bagasse contient 46 0/0 d'eau et par conséquent 54 0/0 de cellulose, on remplit le ballon d'eau jusqu'au trait 527 cc. de manière à avoir encore 500 cc. de liquide. L'échelle de 520 à 530 est suffisante pour toute espèce de bagasses dont la teneur en eau varie généralement de 45 à 55 0/0. Le ballon rempli, on chauffe pendant une demi-heure au bain-marie bouillant; après refroidissement complet, on filtre. Sur une partie du liquide on dose le glucose par la liqueur cuivrique; sur une autre partie on dose le sucre cristallisable par la méthode de Clerget en faisant l'observation dans un tube de 40 ou de 50 cc. et en appliquant la formule $P = \frac{P' + P}{144 - 1/2\, t} \times F$.

Les résultats sont multipliés par 10, car 100 cc. de liquide correspondent à 10 gr. de bagasse.

Analyses du jus et du vesou.

Ces analyses se font exactement comme celles du jus de betteraves, avec cette différence qu'il faut toujours doser le glucose parceque les jus de cannes en contiennent toujours.

On doit aussi toujours doser l'acidité dans les vesous bruts ou les sirops et l'alcalinité lorsqu'il y a lieu.

Le papier de tournesol sensible est très commode pour s'assurer si les jus sont acides ou alcalins.

Le papier titré à la phtaléïne peut servir à déterminer l'alcalinité. Pour l'acidité, nous conseillons l'emploi de la liqueur acidimétrique Le Docte, avec l'acide rosolique ou la phtaléïne comme indicateur. On opère sur 25 cc. de jus. Chaque centimètre cube de liqueur acidimétrique employé représente 0 gr. 1 d'acidité exprimée en acide sulfurique monohydraté (H^2SO^4) par litre. Si on a employé 3 cc. 4 de liqueur Le Docte, le vesou contient une acidité égale à 0 gr. 34 d'acide sulfurique monohydraté par litre.

Voir au chapitre *Distillerie*, comment on détermine l'*acidité*.

Analyse des masses cuites et mélasses.

Ces analyses se font exactement comme s'il s'agissait de produits de sucrerie de betteraves, avec cette différence que le sucre cristallisable, lorsqu'on le détermine par le saccharimètre, doit toujours l'être par la méthode Clerget.

Pour les cendres, il n'est pas nécessaire d'employer de l'acide sulfurique.

Contrôle du travail de la fabrication.

Le contrôle du travail de la fabrication se fait exactement comme en sucrerie de betteraves. On emploie les mêmes procédés et les mêmes liqueurs pour le dosage de l'alcalinité, de l'acidité, de la chaux, etc.

Table d'Icery, modifiée par Biard, donnant la correspondance entre les degrés Baumé et la teneur du sucre du vesou filtré, à + 15° c.

Degré Baumé à 15° c. 1	Poids du litre à 15° c. 2	Sucre par litre de vesou (Icery) 3	Sucre par litre d'une solution sucrée pure (Barbet) 4	Pureté du vesou. 5
4.40	1031.5	28	84.2	33.2
5.35	1032.5	49	102.4	47.8
6.25	1045.5	78	120.6	64.7
6.55	1047.5	85	125.8	67.6
6.80	1049.5	91	131.0	69.4
7.10	1051.5	98	136.3	71.9
7.30	1053.5	105	141.5	74.2
7.50	1055.5	111	146.7	75.7
7.80	1057.5	118	151.9	77.7
8.05	1059.5	124	157.1	78.9
8.35	1061.5	131	162.3	80.7
8.65	1063.5	137	167.5	81.8
8.85	1065.5	144	172.7	83.4
9.15	1067.5	152	177.9	85.4
9.35	1069.5	159	183.2	86.8
9.60	1071.5	165	188.4	87.6
9.85	1073.5	172	193.6	88.8
10.10	1075.5	180	198.8	90.5
10.35	1077.5	188	204.0	92.1
10.60	1079.5	196	209.2	93.7
10.85	1081.5	204	214.5	95.1
11.10	1083.5	211	219.7	96.0
11.30	1085.5	217	224.9	96.5
11.60	1087.5	226	230.1	97.2
11.80	1089.5	230	235.3	97.7
12.05	1091.5	237	240.6	98.5
12.30	1093.5	244	245.8	99.2

Table de correction des densités du vesou suivant les températures.

Nombre de grammes à retrancher ou à ajouter au poids du litre de vesou pour le ramener à 15° c.

Température centigrade	Nombre de grammes à retrancher.	Température centigrade	Nombre de grammes à ajouter.
0	2.0	16	0.2
1	1.9	17	0.5
2	1.8	18	0.7
3	1.7	19	1.0
4	1.6	20	1.2
5	1.5	21	1.5
6	1.4	22	1.7
7	1.3	23	2.0
8	1.2	24	2.2
9	1.1	25	2.5
10	1.0	26	2.8
11	0.9	27	3.1
12	0.7	28	3.4
13	0.5	29	3.7
14	0.2	35	4.0
15	0.0		

Relation entre la densité du vesou et la richesse saccharine par Biard.

Degré Baumé à 15° c.	Poids du litre à 15° c.	Sucre par décilitre de vesou.	Sucre par décilitre de solution sucrée pure (Barbet).	Pureté du vesou.	Sucre pour 100 gr. de vesou.	Sucre °/₀ de canne. à 90 °/₀ de jus.
7.25	1053	10.3	14.02	73	9.8	8.4
7.35	1054	10.6	14.28	74	10.0	8.6
7.50	1055	10.9	14.54	75	10.3	8.9
7.65	1056	11.2	14.80	76	10.6	9.1
7.80	1057	11.55	15.06	76	10.9	9.4
7.90	1058	11.9	15.32	78	11.2	9.7
8.00	1059	12.2	15.58	78	11.5	9.9
8.15	1060	12.5	15.84	79	11.8	10.1
8.30	1061	12.8	16.10	79	12.1	10.4
8.40	1062	13.1	16.36	80	12.3	10.6
8.50	1063	13.4	16.62	81	12.6	10.8
8.65	1064	13.7	16.88	81	12.9	11.1
8.80	1065	14.05	17.14	82	13.2	11.4
8.90	1066	14.4	17.40	83	13.5	11.6
9.00	1067	14.7	17.66	83	13.8	11.8
9.15	1068	15.0	17.92	84	14.0	12.1
9.25	1069	15.3	18.18	84	14.3	12.3
9.40	1070	15.6	18.45	85	14.6	12.5
9.55	1071	15.9	18.71	85	14.8	12.8
9.65	1072	16.2	18.97	85	15.1	13.0
9.80	1073	16.55	19.23	83	15.4	13.3
9.90	1074	16.9	19.49	87	15.7	13.5
10.05	1075	17.2	19.75	87	16.0	13.8
10.15	1076	17.5	20.01	87	16.3	14.0
10.25	1077	17.8	20.27	88	16.5	14.2
10.40	1078	18.1	20.53	88	16.8	14.4
10.55	1079	18.4	20.79	88	17.1	14.7
10.65	1080	18.75	21.06	89	17.4	14.9
10.80	1081	19.1	21.32	90	17.7	15.2
10.90	1082	19.4	21.58	90	17.9	15.4
11.05	1083	19.7	21.84	90	18.2	15.6
11.15	1084	20.0	22.10	90	18.45	15.9
11.25	1085	20.3	22.36	91	18.7	16.1
11.40	1086	20.6	22.62	91	19.0	16.3
11.55	1087	20.9	22.88	91	19.2	16.5
11.65	1088	21.25	23.14	92	19.5	16.8
11.75	1089	21.6	23.40	92	19.8	17.0
11.90	1090	21.9	23.67	92	20.1	17.3
12.05	1091	22.2	23.93	93	20.3	17.5
12.15	1092	22.5	24.19	93	20.6	17.7
12.25	1093	22.8	24.45	93	20.9	17.9
12.35	1094	23.1	24.71	94	21.1	18.2
12.50	1095	23.45	24.98	94	21.4	18.5

Table d'Icery donnant la correspondance entre les degrés Baumé, la densité et le sucre °/₀ à + 25° c.

Degré Baumé.	Poids spécifique.	Sucre pr litre de vesou.	Sucre °/° gr. de vesou.	Sucre °/° gr. de cannes à 90 °/° de jus
4.00	1.028	28 gr.	2.6	2.3
5.00	1.036	49	4.8	4.3
6.00	1.044	78	7.4	6.6
6.25	1.046	85	7.9	7.1
6.50	1.048	91	8.6	7.7
6.75	1.050	98	9.2	8.2
7.00	1.052	105	9.9	8.9
7.25	1.054	111	10.5	9.4
7.50	1.056	118	11.1	10.0
7.75	1.058	124	11.7	10.5
8.00	1.060	131	12.3	11.0
8.25	1.061.8	137	12.9	11.6
8.50	1.063.5	144	13.5	12.1
8.75	1.065.2	152	14.2	12.7
9.00	1.067	159	14.9	13.4
9.25	1.069	165	15.5	13.9
9.50	1.071	172	16.1	14.4
9.75	1.073	180	16.7	15.0
10.00	1.075	188	17.4	15.6
10.25	1.077	196	18.0	16.2
10.50	1.079	204	18.7	16.8
10.75	1.081	211	19.4	17.4
11.00	1.083	217	20.0	18.0
11.25	1.085	226	20.6	18.5
11.50	1.087	230	21.1	18.9
11.75	1.089	237	21.6	19.4
12.00	1.091	244	22.3	20.0

Composition moyenne de la canne à sucre

	Guadeloupe d'après Bonâme.	
		Moyenne.
Eau	....	71.45
Sucre cristallisable	12.00 à 18.00	15.00
— incristallisable	0.40 à 1.25	0.70
Ligneux	9.50 à 13.50	10.00
Autres matières organiques	....	0.75
Cendres	0.30 à 0.45	0.30
Glucose °/° de saccharose	3.00 à 7.00	4.66

	Réunion.		Louisiane.	Guatemala.
	Delteil.	Sicre de Fontbrune.	Spencer.	Desfemmes.
Eau	69.35	72.24	71.20	73.00
Sucre cristallisable	19.01	15.56	13.60	15.50
— incristallisable	0.34	0.54	0.60	0.70
Ligneux	9.95	10.00	9.50	9.50
Autres matières organiques	0.75	1.66	0.60	1.00
Cendres	0.60		0.70	0.30
Glucose °/° de saccharose	1.80	3.40	4.40	4.50

Composition moyenne du vesou en poids.

	Java d'après Icery.	Batavia d'après Icery.	Cuba d'après Boulanger.	Guatemala d'après Desfemmes
Densité			1.058 à 1.077	
Sucre cristallis..	19 à 25	16 à 17	11.5 à 17.00	17.00
— incristallis			0.30 à 1.50	0.60
Pureté			80.00 à 90.00	
Glucose 0/0 de saccharose			2.00 à 8.00	3.50

	Louisiane.					
	Crampton	Hubert Edson	Becnel.	Spencer.		
Densité	1.063		1.060 à 1.066	1.052	1.067	1.073
Sucre cristallis..	13.84	11.46	11.79 à 13.33	10.1	14.1	15.3
— incristallis	0.95	0.99	1.41 à 1.69	0.33	0.56	1.0
Pureté	87.60	82.15	78.00 à 82.00	78.00	86.00	89.50
Glucose 0/0 de saccharose	6.80	8.6	10.00. à 15.00	3.2	3.9	6.50

Composition moyenne des masses cuites 1er jet.

	Louisiane.		
	Crampton	Hubert Edson	Becnel
Sucre cristallisable	77.21	80.60	71.05
— réducteur	7.90	5.54	10.44
Cendres	»	»	»
Pureté	83.1	89.16	78.02
Glucose °/₀ de saccharose..	10.2	6.8	14.6

	Louisiane.		Guatemala.
	Becnel	Becnel	Desfemmes
Sucre cristallisable	73.36	74.85	74 à 85
— réducteur	10.48	10.59	2 à 6
Cendres	»	»	0.9 à 1.8
Pureté	81.30	82.69	
Glucose °/₀ de saccharose..	14.2	14.1	2 à 8

Composition moyenne de la mélasse épuisée.

	Guadeloupe.	Cuba	Guatemala.
	Bonâme	Boulanger	Desfemmes
Sucre cristallisable.........	31 à 46	40	40 à 45
Glucose.....................	10 à 27	16	13 à 20
Cendres.....................	3 à 6	4	
Eau et matières organiques	31 à 47	40	
Glucose °/₀ de saccharose..	20 à 90	40	30 à 50
	Louisiane		
	Spencer	Crampton	Edson
Sucre cristallisable.........	34 à 44	37	26
Glucose.....................	15 à 17	25	28
Cendres.....................			
Eau et matières organiques			
Glucose °/₀ de saccharose..	35 à 50	69	108

Résultats généraux de quatre campagnes dans une sucrerie de Cuba. (D'après M. Boulanger).

	Décembre.	Janvier.	Février.	Mars et Avril
Extraction en jus naturel °/₀	71.50	70.90	70.20	69.80
Baumé à 17°5 c............	8.06	8.80	9.50	10.50
Brix.......................	14.20	15.50	16.80	18.65
Sucre cristallisable........	11.50	13.02	15.09	16.70
Sucre incristallisable......	1.45	1.10	0.70	0.65
Pureté.....................	80.99	81.00	89.82	90.01
Quotient incristallisable....	12.60	8.44	4.62	3.88
Acidité par litre...........	0gr80	0.70	0.68	0.55
Masse cuite 1er jet de cannes..................	11.09	13.34	13.40	13.99
Sucre 1er jet °/₀ de masse cuite.....................	64.00	65.59	66.40	67.90
Sucre 1er jet °/₀ de cannes	7.10	8.10	8.90	9.50
Sucre 2e jet °/₀ de cannes..	0.85	1.10	1.45	1.55
Polarisation du sucre 1er jet	95.50	96.	96.50	97.00
— — 2e jet	84.10	86.20	88.50	89.00

DISTILLERIE ET ALCOOMETRIE

DISTILLERIE ET ALCOOMÉTRIE

Principes sucrés et leur rendement en alcool.

D'après leur composition respective l'*amidon* ou la *fécule* $C^6H^{10}O^5$ ($C^{12}H^{10}O^{10}$); le *sucre de canne* ou *saccharose* $C^{12}H^{22}O^{11}$... ($C^{12}H^{11}O^{11}$); le *sucre interverti*, le *glucose* et le *sucre de raisin* qui ont pour forme le $C^6H^{12}O^6$...($C^{12}H^{12}O^{12}$), sont entre eux dans le rapport suivant :

100 d'amidon = 105.5 de $C^{12}H^{22}O^{11}$ = 111.11 de $C^6H^{12}O^6$

100 de saccharose = 97.74 $C^6H^{10}O^5$ = 105.26 de $C^6H^{12}O^6$

100 de glucose, ou de sucre interverti ou de sucre de raisin $C^6H^{12}O^6$ = 95 de $C^{12}H^{22}O^{11}$ = 90 de $C^6H^{10}O^5$.

Suivant l'équation de la fermentation acoolique nous avons :

$$C^{12}H^{22}O^{11} + H^2O = 2C^6H^{12}O^6$$
$$(C^{12}H^{11}O^{11} + HO = C^{12}H^{12}O^{12})$$
$$C^6H^{12}O^6 = 180;\ 1/2\ C^{12}H^{22}O^{11} = 171$$
$$(C^{12}H^{12}O^{12} = 180;\ C^{12}H^{11}O^{11} = 171)$$
$$C^6H^{12}O^6 = 2C^2H^6O + 2CO^2$$
$$(C^{12}H^{12}O^{12} = 2C^4H^6O^2 + 4CO^2)$$
$$C^2H^6O = 46;\ 1/2\ CO^2 = 22$$
$$(C^4H^6O^2 = 46;\ CO^2 = 22)$$

180 $C^6H^{12}O^6$ = 92 C^2H^6O alcool + 88 CO^2 acide carbonique.

(180 $C^{12}H^{12}O^{12}$ = 92 $C^4H^6O^2$) alcool + 38 CO^2 acide carbonique.

100 $C^6H^{12}O^6$ (glucose) $= \frac{92 \times 100}{180} = 51.11$ alcool $= \frac{88 \times 100}{180} = 48.88$ de CO^2.

La densité de l'alcool pur à + 15° c étant de 0.7947 il en résulte que

51 kil. 111 d'alcool $= \frac{51.111}{0.7947} =$ 64 litres, 315 alcool à 100°

$= \frac{64.315 \times 100}{90} =$ 71 litres, 461 alcool à 90°

100 k. sucre cristallisable $= \frac{51.111 \times 100}{95} =$ 53 k. 80 alcool à 100°

$= \frac{53.8 \times 100}{0.7947} =$ 67 litres, 69 d'alcool à 100°

$= \frac{67.69 \times 100}{90} =$ 75 lilres, 21 d'alcool à 90°

100 kil. d'amidon $= \frac{51.111 \times 100}{90} =$ 56 k. 79 d'alcool à 100°

$= \frac{56.79 \times 100}{0.7947} =$ 71 litres, 46 alcool à 100°

$$= \frac{71.46 \times 100}{90} = 79 \text{ litres, } 40 \text{ alcool à } 90°.$$

Mais l'équation de la fermentation alcoolique n'est pas aussi simple que nous l'avons supposé. Pasteur a démontré que dans le travail compliqué de la fermentation, il se forme toujours des produits secondaires. D'après lui 100 parties de sucre de canne donnent :

Alcool........................	51.10	au lieu de	53.80
Acide carbonique...............	49.20	—	46.20
Glycérine......................	3.40	—	
Acide succinique	0.65	—	
Cellulose, matière grasse, etc...	1.30	—	
Total..................	105.65		

Il y a donc 5 pour 100 de sucre qui ne sont pas transformés en alcool.

Dans ces conditions, les rendements réels en alcool des matières sucrées sont les suivants :

100 k. de sucre interverti, glucose, sucre de raisin donnent :

48 k. 55 alcool pur = 61 litres, 09 alcool à 100° = 67 litres 88 alcool à 90°.

100 k. de sucre de canne = 51 kil. 10 alcool pur = 64 litres, 30 alcool à 100° = 71 litres, 44 alcool à 90°.

100 k. fécule ou amidon = 53 kil 94 alcool pur = 67 litres 87 alcool à 100° = 75 litres 42 alcool à 90°.

Mais dans la pratique ces résultats ne sont même jamais atteints il y a toujours une proportion de sucre et d'amidon qui échappe à la transformation en glucose et une partie de celui-ci qui échappe à la transformation en alcool. D'autre part, pendant la fermentation, la distillation et la rectification, il y a aussi une perte d'alcool.

Un bon travail industriel donne environ 60 litres d'alcool à 100 dans les flegmes pour 100 k. de sucre cristallisable mis en fermentation.

Pareillement, dans le travail des grains et de la pomme de terre on ne peut guère espérer un rendement supérieur à 63 d'alcool à 100° pour 100 d'amidon mis en œuvre.

Cependant, M. Aimé Girard, dans des expériences en grand, faites en 1890, chez M. Michon, à Crépy-en-Valois, et chez M Maquet, à La Fère-Champenoise, avec d la pomme de terre Richter's Impérator, contenant 20,9 pour 100 de fécule anhydre, a obtenu 14 litres, 33 d'alcool à 100° pour 100 k. de tubercules, ce qui représente un rendement de 68 litres 56 pour 100 k. de fécule mis en œuvre.

Ce rendement est extraordinaire, car il dépasse le rendement théorique indiqué par Pasteur et qui n'est, comme nous l'avons vu, que de 67 litres 87 d'alcool à 100° pour 100 k. de fécule.

Tableau donnant la composition des principales matières employées en distillerie :

	Matières solides.			Matières azotées.			Matières grasses.			Amidon, glucose ou sucre.		
	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Maximum.	Moyenne.
Riz	....	....	80.0	...	....	7	....	...	0.80	68	63	60
Pommes de t.	18.0	36.0	24.0	1.5	3.0	2.2	0.1	0.3	0.2	10.0	30.0	17.0
Orge.........	80.1	90.0	84.8	6.0	18.0	10.0	1.0	3.0	2.1	48.5	68.0	54.2
Malt vert germé	48.0	60.0	52.0	6.0	6.5	6.3	....	...	1.5	36.0	42.0	40.0
id. sec sans ger.	90.0	95.8	92.5	8.0	10.0	9.0	....	...	2.4	64.0	70.0	68.0
Maïs frais....	76.0	82.0	80.0	5.5	13.5	9.0	3.0	6.4	4.6	50.0	60.0	56.0
Maïs vieux...	84.0	92.0	86.0	6.0	15.5	10.0	3.0	7.0	5.0	55.0	65.5	60.0
Seigle........	76.8	91.5	83.6	8.9	17.5	11.5	1.0	3.0	1.7	49.5	68.0	56.4
Blé	80.4	92.0	84.6	8.0	24.0	12.5	1.0	3.0	1.7	48.7	72.0	55.9
Avoine	84.0	92.0	87.0	8.5	18.0	11.7	4.0	7.5	6.0	45.0	62.0	53.0
Dari.........	86.2	89.9	87.8	...	....	....	....	...	....	61.2	67.	63.3
Mélasse	75.5	84.2	81.4	...	....	....	....	...	....	40.0	55.0	46.5
Topinambours .	20	24	22	1.9	3.14	2.	0.15	0.3	0.12	10	18	14
Betteraves...	14	20	17	...	....	....	....	...	....	9	14	11

	Matières non azotées extractibles			Matières non azotées totales.			Cellulose.			Cendres (moyenne).
	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	Minimum.	Maximum.	Moyenne.	
Riz	....	....	....	....	....	....	...	...	1.10	1.0
Orge	0.5	1.5	0.7	44.5	31.5	19.0	0.5	1.5	0.7	1.1
Pommes de terre....	1.7	5.0	3.4	56.7	70.0	63.4	2.2	10.8	4.8	2.6
Malt vert germé.....	2.0	3.0	2.5	38.0	45.0	42.5	1.5	7.7	3.2	1.7
Malt sec sans germe.	0.7	3.7	1.7	61.7	73.7	67.7	2.4	11.0	5.0	2.3
Maïs frais...........	3.8	6.9	6.2	53.8	66.9	62.2	0.9	7.9	2.8	1.4
Maïs vieux	4.0	7.5	6.5	59.0	72.5	65.5	1.0	8.5	3.0	1.5
Seigle	3.0	8.0	4.9	58.0	72.9	67.9	1.1	3.9	2.0	1.8
Blé	3.5	6.0	2.4	60.5	77.4	67.4	1.2	6.4	2.7	1.8
Avoine	3.7	4.0	2.1	46.7	66.0	55.1	8.5	16.2	10.8	3.1
Dari	....	....	....	....	....	....	...	....	....	.....
Mélasse	12.0	18.0	14.0	....	....	....	...	....	....	10.8
Topinambours.......	....	....	0.8	....	....	20	1.	1.5	1.2	1.30
Betteraves..........	....	....	....	....	....	....	...	....	....	1

Tableau des rendements probables en raison des diverses matières premières :

100 Kilog.	Donnent par u		
	Bon travail alcool à 100°	Moyen travail alcool à 100°	Mauvais travail alcool à 100°
Pommes de terre à 15 °/ₒ de fécule......	9 litr.	8.40	7.50
— — 18 —	10.80	10.08	9.00
— — 20 —	12.00	11.20	10.00
— — 22 —	13.20	12.32	11.00
— — 24 —	14.40	13.44	12.00
Maïs à 60 °/ₒ d'amidon......	36.00	33.60	30.00
Seigle 56 —	33.60	31.36	28.00
— 50 —	30.00	28.00	25.00
Orge maltée à 50 —	30.00	28.00	25.00
Mélasse à 44 °/ₒ de sucre......	26.50	25	23
— 46 —	27.60	26.20	24
— 48 —	28.80	27	25
Riz à 63 °/ₒ amidon	40	38	36
Topinambour à 12 °/ₒ lévuline et inuline.	7.50	7	6
— 14 —	8.70	8	7
— 16 —	9.90	9.40	8.50
— 18 —	11.10	10.50	9.50
Betteraves à 10 °/ₒ de sucre	6	5	4.50
— 11 —	6.6	5.5	5
— 12 —	7.20	6	5.5
— 14 —	8.40	7	6.5

Dosage des principes fermentescibles ou sucrés dans les matières employées en distillerie.

I. — Sucre.

Voir l'analyse des produits sucrés : betteraves, mélasses, cannes, etc., dans la partie de l'*Agenda* consacrée à la *Sucrerie*.

II. — Amidon et Fécule.

1° *Dans les pommes de terre.* — Le dosage de l'amidon ou de la fécule dans les pommes de terre se fait généralement en déterminant leur *poids spécifique* ou *densité*.

Bien que cette méthode d'une exécution facile, ne soit pas scientifiquement exacte, elle fournit cependant comme pour la betterave, des résultats qui se rapprochent assez de la vérité, car le *poids spécifique* des pommes de terre est en raison directe de leur teneur en fécule.

Le procédé le plus employé pour déterminer le poids spécifique des pommes de terre repose sur l'emploi de la *balance hydrostatique*. La balance de Reimann est la plus employée. Elle n'est autre chose qu'une balance romaine munie de deux paniers. Dans le supérieur, on pèse 5 kil. de pommes de terre; dans l'inférieur qui plonge dans l'eau d'une cuve, on pèse de nouveau ces 5 kil. de pommes de terre qui pèsent naturellement beaucoup moins, puisqu'ils perdent, suivant le principe d'Archimède, une partie de leur poids égale au poids du volume d'eau déplacé.

Si 5 kil. de pommes de terre plongés dans l'eau ne pèsent plus que 475 grammes, leur volume est égal à 5000 — 475 = 4525 cc, et leur poids spécifique est donc $\frac{5000}{4525} = 1.105$.

Or. d'après la table de Behrend, Maerker et Morgen, que nous reproduisons plus loin, à la densité 1.105 correspond la teneur en fécule de 19.2 0/0.

On pèse donc *dans l'air* 5 k. de pommes de terre, puis on les pèse *dans l'eau* à + 15° de température.

A l'aide de la table suivante, on obtient le poids spécifique, la quantité des matières sèches et la teneur en amidon.

Table de concordance pour la détermination de la densité, de la teneur en substances sèches et en fécule des pommes de terre. (Behrend, Maerker et Morgen.)

Poids de 5 kil. de pommes de terre dans l'eau	Poids spécifique.	Teneur en substance sèche p. 100.	Teneur en fécule p. 100.	Poids de 5 kil. de pommes de terre dans l'eau.	Poids spécifique.	Teneur en substance sèche p. 100.	Teneur en fécule p. 100.
gr.				gr.			
375	1.080	19.7	13.9	535	1.120	28.3	22.5
380	1.081	19.9	14.1	540	1.121	28.5	22.7
385	1.083	20.3	14.5	545	1 123	28.9	23.1
390	1.084	20.5	14.7	550	1.124	29.1	23.3
395	1.0[illegible]	20.9	15.1	555	1.125	29.3	23.5
400	1.087	21.2	15.4	560	1.126	59.5	23.7
405	1.08[illegible]	21.4	15.6	565	1.127	29.8	24.0
410	1.089	21.6	15.8	570	1.129	30.2	34.4
415	1.091	22.0	16.2	575	1.130	30.4	24.6
420	1.092	22.2	16.4	580	1.131	30.6	24.8
425	1.093	22.4	16.6	585	1.132	30.8	25.0
430	1.094	22.7	16.9	590	1.134	31.3	25.5
435	1.095	22.9	17.1	595	1.135	31.5	25.7
440	1.097	23.3	17.5	600	1.136	31.7	25.9
445	1.098	23.5	17.7	605	1.138	32.1	26.3
450	1.099	23.7	17.9	610	1.139	32.3	26.5
455	1.100	24.0	18.2	615	1.140	32.5	26.7
460	1.101	24.2	18.4	620	1.142	33.0	27.2
465	1.102	24.4	18.6	625	1.143	33.2	27.4
470	1.104	24.8	19.0	630	1.144	33.4	27.6
475	1.105	25.0	19.2	635	1.146	33.8	28.0
480	1.106	25.2	19.4	640	1.147	34.1	28.3
485	1.107	25.5	19.7	645	1.148	34.3	28.5
490	1.109	25.9	20.1	650	1.149	34.5	28.7
495	1.110	26.1	20.3	655	1.151	34.9	29.1
500	1.111	26.3	20.5	660	1.152	35.1	29.3
505	1.112	26.5	20.7	665	1.153	35.4	29.6
510	1.113	26.7	20.9	670	1.155	35.8	30.0
515	1.114	26.9	21.1	675	1.156	36.0	30.2
520	1.115	27.2	21.4	680	1.157	36.2	30.4
525	1.117	27.4	21.6	685	1.159	36.4	30.6
530	1.119	28.0	22.2				

Dosage chimique de la fécule de pomme de terre.

On la transforme en dextrose que l'on dose par la liqueur de Fehling et on calcule la quantité d'amidon correspondante.

Pour cela on pèse 2 gr. de pulpe de pommes de terre que l'on in-

troduit dans un flacon à pression de *Lintner*, ou dans un ballon à parois épaisses, avec 50cc de solution d'acide sulfurique ou chlorhydrique à 1 0/0. Le ballon solidement bouché est chauffé 1 heure 1/2 à 115° C dans un bain d'huile ou de paraffine, ou dans une solution saturée d'azotate de potasse. La transformation en dextrose est complète. Après refroidissement on filtre sur un tampon d'amiante et on lave avec soin. La liqueur recueillie est neutralisée avec de la soude caustique puis additionnée de quelques gouttes de sous-acétate de plomb et amenée au volume de 200cc. On dose ensuite la dextrose par la liqueur de Fehling ou de Violette, soit volumétriquement, soit en pesant le cuivre précipité.

Soit 20cc, 3 le nombre de CC de liquide saccharifié employé pour décolorer 10cc de liqueur Viollette. Comme ce liquide contient 1 0/0 de matière (pomme de terre), on n'a qu'à multiplier par 100 les résultats de la table 68 dans laquelle, en face le nombre 20cc 3 on lit dans la colonne de l'amidon 0.23. Teneur de la pomme de terre en fécule 23 0/0.

Quand on veut doser la dextrose par la pesée du cuivre précipité, on soumet à l'ébullition pendant 2 minutes exactement 50cc du liquide saccharifié avec un excès de liqueur de Fehling. On jette bouillant sur un filtre et on lave rapidement sans discontinuer avec de l'eau bouillante. Le filtre séché est brûlé dans une nacelle et l'oxyde de cuivre réduit par un courant d'hydrogène. La table d'Allihn donne le poids de glucose correspondant au cuivre trouvé.

M. A. Girard admet que le poids du cuivre multiplié par 0,56 donne le poids correspondant du glucose ; mais nous croyons que ce coefficient ne donne pas des résultats exacts.

De la quantité de glucose trouvée on calcule la teneur en amidon, sachant que 100 de glucose égale 90 d'amidon,

Soit 247 milligr. de cuivre précipités par 50cc de liquide saccharifié correspondant à 0 gr. 50 de matière. La table d'Allihn indique 127mm 6 de dextrose ou 225 milligr. 2 pour 1 gr. ou 22.52 0/0. D'où fécule 0/0 de pommes de terre $\frac{22.52 \times 90}{100} = 20.26$ 0/0.

On peut aussi saccharifier la pomme de terre à air libre, au bain-marie bouillant, ce qui offre moins de difficulté. Pour cela on ajoute aux 2 grammes de pulpe 100 cc. d'eau à 6 0/0 d'acide sulfurique H^2SO^4, et on chauffe au bain-marie à niveau constant pendant 3 heures. Il est bon de surmonter le ballon d'un tube réfrigérant qui condense les vapeurs et empêche le moût de se condenser. Après refroidissement on neutralise le liquide saccharifié avec une solution de soude, en ayant soin qu'il reste légèrement acide. On procède ensuite au dosage comme il est dit plus haut.

Pour réduire la pomme de terre en pulpe, la râpe à tambour (fig. 1)

mais munie d'un tambour en acier à taille de Keil, convient parfaitement ; on obtient ainsi une pulpe ou plutôt une crème excessivement fine, qui permet d'appliquer le procédé de dosage de l'amidon imaginé par M. Aimé Girard.

Procédé Aimé Girard pour le dosage de la fécule dans les pommes de terre.

Ce procédé est basé sur la transformation de la matière amylacée en iodure d'amidon et sur la constance d'absorption de l'iode par la fécule de pomme de terre.

Chaque amidon particulier (amidon de riz, amidon de maïs, etc.,) a une capacité spéciale et constante d'absorption pour l'iode. Il résulte d'une série d'essais faits par M. Aimé Girard que 1 gramme de fécule de pommes de terre absorbe 0 gr. 122 d'iode.

Son procédé consiste essentiellement à mettre d'abord 25 gr. de pulpe très fine de pommes de terre en contact pendant 2 ou 3 heures avec 50 cc. d'acide chlorhydrique à $\frac{2}{1000}$ pour rendre la cellulose plus facilement solubie dans l'ammoniure de cuivre.

On verse ensuite sur le produit ai si acidulé 100 cc. de liqueur ammonio-cuivrique et on laisse digérer 12 heures pandant lesquelles la cellulose se dissout et les grains de fécule se gonflent. Au bout de ce temps, on sature par l'acide acétique et on procède au titrage.

On a une liqueur normale contenant par litre $\frac{12 \text{ gr } 2}{4} = 3$ gr. 05 d'iode bisublimé et sec, avec 4 gr. d'iodure de potassium pur ; 10 cc. de cette liqueur représentent 0 gr. 25 de fécule, soit 1 0/0, puisque le titrage a lieu sur 25 gr. de pommes de terre.

On a une autre liqueur d'iode, décime de la première et dont 10 cc. correspondent à 0 gr 025 de fécule, soit 0,1 0/0.

On fait un premier essai en se servant de la liqueur normale seule versée par 10 cc. à la fois ; on détermine ainsi à 1 0/0 prés la proportion de fécule. On fait ensuite un deuxième essai dans lequel on verse d'abord le même volume, moins 10 cc. de liqueur normale puis serrant de plus près le dosage, on fixe à 0,1 0/0 prés le titre en fécule, à l'aide la liqueur décime.

Pour déterminer le point de saturation, on prélève après chaque affusion de liqueur et après agitation, à l'aide d'un agitateur, une goutte de liquide que l'on porte sur une feuille de papier empesé sec. On lave aussitôt avec la pissette à eau ; tant que la saturation n'est pas atteinte, le papier reste blanc, l'iodure d'amidon étant insoluble.

Quand la saturation est atteinte, on trouve sur le papier une tache bleue caractéristique. Du nombre de cc. de liqueur d'iode employé on déduit la richesse de la pomme de terre en fécule.

Si l'on a employé 200 cc. de liqueur normale et 25 cc. de liqueur décime, la pomme de terre contenait 20,25 0/0 de fécule.

A ce chiffre, il faut faire subir une correction que M. Aimé Girard fixe à 0 gr. 50 de fécule à retrancher, de sorte que la teneur réelle de la pomme de terre que nous avons prise pour exemple ne serait que 20,25 — 0,50 = 19,75.

Cette correction est due, d'une part, à une certaine quantité d'iode, à peu près toujours la même, absorbée par les 1,50 à 2 0/0 de matières protéiques contenues dans la pomme de terre ; d'autre part, à la dilution du liquide, en essai par l'addition successive de l'ammoniure de cuivre, de l'acide acétique et de la solution d'iode.

Nota. — (*a* Le liquide ammonio-cuivrique se prépare en redissolvant dans l'ammoniaque l'oxyde précipité par la soude d'une solution de sulfate de cuivre ammoniacal.

b) M. Aimé Girard a imaginé une râpe spéciale pour la production de la pulpe fine de pomme de terre ; mais cette râpe est d'un prix très élevé. Elle peut être avantageusement remplacée par la râpe Pellet, à disque de Keil, ou mieux par la râpe à tambour (fig. 1) munie d'un tambour en acier, taillé comme le disque de Keil, qui produit une pulpe excessivement fine.

c) Pour l'emploi de ces liqueurs d'iode, nous conseillons les flacons-burettes automatiques Gallois et Dupont (fig. 41) divisées de 10 en 10 cc.

Observations. — La pomme de terre contient environ 6 0/0 de marc et matières étrangères autres que la fécule. En retranchant de 100 la fécule + 6, on a l'eau. On aurait donc pour la pomme de terre ci-dessus :

Fécule.	20.26
Matières étrangères.	6.00
Eau	73.74
Total.	100.00

Réciproquement on peut déterminer la fécule par différence, en dosant l'eau à l'étuve à 110° sur 5 gr. de pomme de terre finement découpée, et ajoutant 6 au chiffre trouvé et soustrayant la somme de 100. On aurait ainsi, dans l'exemple ci-dessus :

Eau par dessication.	73.74
Matières étrangères.	6.00
Fécule (par différence).	20.26
Total.	100.00

Il n'est pas besoin de faire remarquer que ce procédé n'est guère exact.

Dosage de l'amidon dans les grains.

On opère comme pour la pomme de terre sur 2 grammes de grains *finement moulus*. La saccharification des grains étant un peu plus difficile que celle de la pomme de terre, on fera bien de prolonger un peu plus le chauffage.

On ne dose ordinairement que l'amidon dans les grains. Cependant on peut doser l'eau On opère sur 5 gr. de matière finement moulue, en desséchant à l'étuve portée lentement à 105°.

On a ainsi :

Eau dosée directement.	12.40
Amidon	60.00
Matières étrangères (par différence). . .	27.60
Total.	100.00

Analyse du Topinambour.

Le topinambour contient plusieurs principes saccharifiables de nature différente.

Ce sont :

1° La *Synanthrose* ou *lévuline*, $C^6H^{10}O^5$...($C^{12}H^{10}O^{10}$), analogue à la dextrine, inactive sur la lumière polarisée et sur la liqueur de Fehling, soluble dans l'eau ; se transforme, à l'ébullition, sous l'action des acides étendus, en un mélange de glucose dextrogyre et de lévulose.

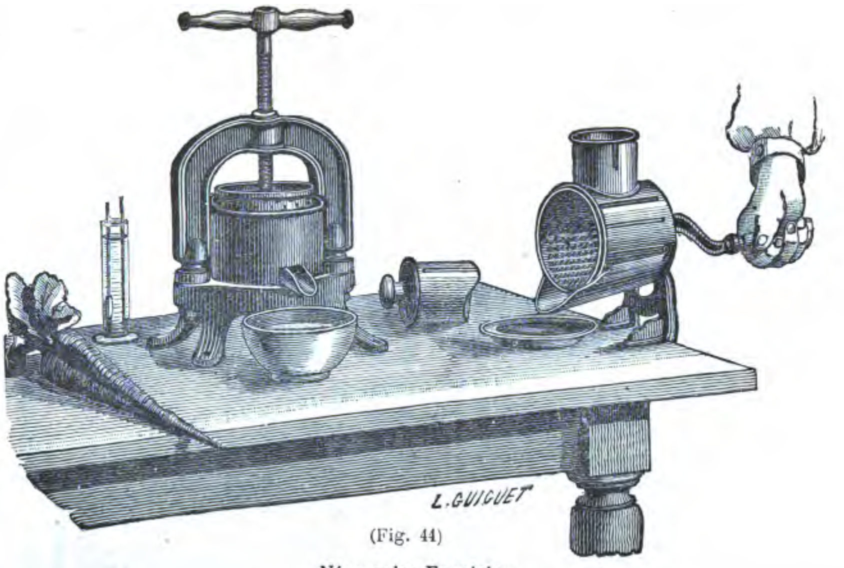
2° L'*Inuline*, $C^{12}H^{20}O^{10}$...($C^{12}H^{10}G^{10}$), analogue à l'amidon de la pomme de terre, mais ne bleuissant pas l'iode et se dissolvant dans l'eau bouillante ; se transforme par ébullition avec les acides, en lévulose, et non en glucose dextrogyre.

3° La *Saccharose* ou *sucre de canne* $C^{12}H^{22}O^{11}$... ($C^{12}H^{11}O^{11}$) qui se transforme, par l'ébullition avec les acides en sucre interverti, mélange de glucose et de lévulose.

4° La *Glucose* $C^6H^{12}O^6$...($C^{12}H^{12}O^{12}$) directement fermentescible, déviant à droite la lumière polarisée et réduisant la liqueur de cuivre.

5° La *Lévulose* isomère de la glucose, déviant à gauche le plan de la lumière polarisée et réduisant la liqueur Fehling.

Etant donné la composition du topinambour, on dose les matières saccharifiables qu'il contient, à l'aide de la liqueur cuivrique, après les avoir transformées en produits analogues à la glucose et à la lévulose. On procède exactement comme pour le dosage de l'amidon



(Fig. 44)

Nécessaire Excelsior.

de la pomme de terre, et on exprime la matière saccharifiable en *glucose*. Toutefois la saccharification des matières sucrées du topinambour étant plus facile que celle de la fécule des pommes de terre et des grains, il suffit de chauffer l'échantillon de pulpe acidifiée, deux heures au bain-marie.

La synanthrose qui représente les 9/10 des matières saccharifiables du topinambour, étant soluble dans l'eau, on peut, pour juger de la richesse de ce tubercule, déterminer la densité de son jus comme pour la betterave. On admet généralement que 1° de densité du jus correspond à 2 k. de matière sucrée par hectolitre.

Pour déterminer la densité du jus de topinambour, on réduit celui-ci en pulpe à l'aide de la râpe à betterave (fig 1) ou encore à l'aide de la râpe excelsior. Le jus extrait de la pulpe par pression est mis dans une éprouvette et on détermine la densité à l'aide d'un densimètre. Les corrections de température à faire subir à la densité sont les mêmes que pour la betterave. La figure 44 représente une râpe excelsior, une presse, une éprouvette et un densimètre.

Le *nécessaire excelsior* sert aussi pour la détermination de la densité des betteraves ; la râpe excelsior peut également être employée à réduire les pommes de terre en pulpe.

Dosage du sucre et des différentes matières saccharifiables par la fermentation

Nous avons indiqué à l'*analyse des mélasses*, comment on dose par fermentation le sucre qu'elles contiennent.

Pour les grains, la pomme de terre et le topinambour, on en saccharifie de la manière que nous avons indiquée précédemment un poids déterminé, 100 gr. par exemple pour les grains, et 200 gr. pour les tubercules. On étend le liquide à 1 litre environ, on neutralise avec de la soude l'excès d'acide de manière à ne laisser que 1 gr. 50 à peu près d'acidité par litre ; on ajoute 5 pour 100 de levure de bière pressée et on met en fermentation comme nous l'avons décrit pour la mélasse.

La fermentation achevée, on détermine le teneur en alcool, comme il est indiqué plus loin, à l'analyse des liquides fermentés.

Liquides saccharifiés ou mouts.

Lorsque les mouts n'ont pas encore été mis en fermentation, ils se composent : 1° du résidu non dissous ou *drèche ;* 2° des *éléments en dissolution.*

1° Drèche. — S'il s'agit de jus de betteraves ou de mélasse, il n'y

a pas de drêche. La drêche n'existe que dans les mouts de grains, de pommes de terre, de topinambours. Elle se compose de cellulose, de son, et de matière amylacée non saccharifiée.

Dosage. — 500cc de mout délayés dans beaucoup d'eau chaude sont filtrés sur un filtre taré et lavés jusqu'à ce que les eaux de de lavage ne réduisent plus la liqueur de Fehling. On porte le filtre à l'étuve à 100°. La différence de poids représente la drêche. On peut remplacer le filtre par un tampon d'amiante préalablement calciné et taré.

Cette drêche est reprise par l'eau bouillante dans un mortier et finement broyée puis introduite dans un ballon de 100cc. Après agitation on en prélève 10cc que l'on agite avec une solution aqueuse d'iode, pour voir s'il y a de l'amidon non saccharifié.

Si la coloration en bleu est faible, il y a peu d'amidon dans la drêche, la saccharification a été complète. Si, au contraire, la coloration bleue est intense la saccharification a été mauvaise, et l'on détermine la proportion d'amidon qui a échappé à la saccharification comme nous l'avons indiqué pour le dosage chimique de la fécule dans les pommes de terre.

2° Eléments so ubles du mout. — Les éléments solubles du mout constituent l'*extrait sec* ou les *substances totales dissoutes* qui comprennent : 1° pour les mélasses, jus sucrés de betteraves et de cannes : sucre cristallisable, sucre interverti et *non-sucre*, lequel est constitué par les matières organiques et les cendres ; 2° pour les mouts de pommes de terre, de topinambours et de grains : les matières sucrées et amylacées (sucre, dextrose ou glucose, dextrine, lévuline, inuline, amidon saccharifié) et le *non-sucre*.

a) *Mélasses.* — Voir ce que nous avons dit à l'analyse des mélasses. Quand la mélasse a été additionnée d'eau et d'acide sulfurique, le sucre doit être déterminé par la liqueur cuivrique après inversion.

b) *Analyse des jus de betteraves extraits par macération ou par presses et par râpes.* — On détermine la densité (voir à l'analyse de la betterave) le sucre cristallisable, le sucre interverti et l'acidité.

Sucre cristallisable et sucre interverti. — Il n'y a aucun avantage à les doser séparément ; aussi se contente-t-on de les doser sous forme de sucre interverti par la liqueur cuivrique.

Pour cela on prend 10cc de jus que l'on introduit dans un ballon de 100cc avec 40 à 50cc d'eau et 2cc environ d'acide tartrique ; on chauffe 1/4 d'heure au bain-marie bouillant. Après refroidissement, si le liquide est clair et limpide, on complète le volume de 100cc avec de

l'eau ; s'il est louche on ajoute 2 ou 3cc de soude caustique et autant de sous-acétate de plomb, puis on complète le volume à 100cc avec de l'eau e on agite pour filtrer. On fait le dosage de l'interverti sur 10cc de liqueur Violette. Soit 6cc,3 de liqueur sucrée employés pour les décolorer. Si dans 6cc,3 il y a 0 gr. 05 de sucre, dans 100cc (correspondant à 10cc de jus) il y en aura $\frac{0{,}05 \times 100}{6{,}3}$ et pour 100 cc de jus nous aurons $\frac{0{,}05 \times 100 \times 100}{6{,}3 \times 10} = 7.936$.

On évite tous les calculs en se servant de la table 68 dont les résultats doivent être multipliés par 10. A côté de 6cc3 nous trouvons en effet 0,794. Soit sucre °/o 7.94.

Nota. — Si le jus était plus riche, au lieu d'en étendre 10cc à 100cc, on les étendrait à 200cc, et pour pouvoir se servir de la table on diviserait par 2 le nombre de C. C. de liqueur sucrée employé pour décolorer 10cc de liqueur cuivrique.

Pour le dosage de l'*acidité*, voir les *liquides fermentés* et la *conduite de la fermentation.*

c) *Mouts de pommes de terre, de topinambours et de grains.* — On obtient les *substances totales dissoutes* par les saccharomètres Vivien ou Brix-Dupont sur le jus passé au tamis à mailles de 1 m/m. Le poids des substances sucrées ou amylacées déduit de celui des substances totales dissoutes donne le poids des impuretés ou *non-sucre.* Le mout ayant été saccharifié, les matières alcoolisables sont transformées en dextrose, lévulose, etc., que l'on dose par la liqueur cuivrique comme nous l'avons expliqué. Mais il peut se faire que la saccharification ne soit pas complète, dans ce cas, avant de faire le dosage, on peut l'achever en chauffant un échantillon acidifié de mout au bain-marie, comme nous l'avons expliqué à propos du dosage chimique de la fécule dans les pommes de terre.

Toutefois, il peut être intéressant de connaître les proportions respectives de dextrose, glucose, dextrine, amidon et maltose existant d ns un mout. Voici, dans ce cas, comment on procède :

Dosage de la dextrose, de la glucose, de la dextrine, de l'amidon et de la maltose. — Dans les mouts saccharifiés avec du malt, l'amidon est transformé en *maltose* ; dans ceux qui ont été saccharifiés aux acides, il a été transformé en *glucose* ou *dextrose*. Dans les deux cas, ces produits sont dosés à l'aide de la liqueur cuivrique sur 50 gr. ou 50cc de mout filtré au tamis à mailles de 1mm. et étendus à 1 litre.

Dextrine. — La dextrine existe dans les mouts quand la saccharification a été incomplète ; comme elle échappe en grande partie à a fermentation alcoolique, il importe que les mouts n'en contiennent

pas. Le procédé de dosage de la dextrine est basée sur l'insolubilité de cette substance dans l'alcool concentré.

On réduit à consistance siripeuse 50cc de mout filtré que l'on mélange ensuite avec son volume d'alcool à 90—95°. La dextrine est précipitée ; on la lave avec de l'alcool de même concentration, on la dessèche et on la pèse. (*a*)

En distillerie on se contente d'apprécier à l'œil la quantité plus ou moins grande de dextrine contenue dans les produits de la saccharification et l'on pousse cette dernière jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de dextrine.

Pour *apprécier* la dextrine, on met environ 20 cc. de mout filtré dans un tube à essai et environ 20 cc. d'alcool à 90-95° et l'on agite. S'il se forme un précipité plus ou moins abondant, il y a plus ou moins de dextrine.

Amidon. — En distillerie on se contente ordinairement de constater la présence de l'amidon au moyen de la solution d'iode. La saccharification doit être poussée assez loin pour que le moût ne contienne pas d'amidon. Si on veut le doser, voici comment on procède :

(*a*) Dans un premier essai, on dose la dextrine; (*b*) dans un second on dose la matière saccharifiée (dextrose, maltose) par la la liqueur cuivrique ; (*c*) dans un troisième on fait bouillir pendant 1 h. 1/2 sous pression le moût acidulé par la liqueur cuivrique ; on obtient ensuite, exprimée en glucose, la totalité de la dextrose, de l'amidon et de la dextrine. Retranchant *b* de *c*, on a la glucose afférente à l'amidon et à la dextrine (*d*). La dextrine (*a*) étant connue, on la transforme par le calcul en glucose, et retranchant ce poids de (*d*) on a la glucose correspondant à l'amidon.

Liquides fermentés ou vins.

Dans les liquides fermentés ou *vins* on ne dose ordinairement que les *sucres* qui ont échappé à la fermentation, l'*alcool* produit et l'*acidité*.

Les *sucres* se dosent par la liqueur cuivrique à l'état de *glucose*, soit directement, quand il s'agit de mélasse et de jus de betteraves, soit après ébullition prolongée quand il s'agit de pommes de terre et de grains. (Voir plus haut).

Dosage de l'alcool. — 1° *Par l'atténuation de densité du mout.* — On a noté soigneusement la densité initiale ou le degré Baumé du mout (jus de betteraves, mélasse, grains saccharifiés, etc.) ; après la fermentation achevée, on détermine soigneusement encore la densité du vin à + 15° C. de température. Plus l'abaisse-

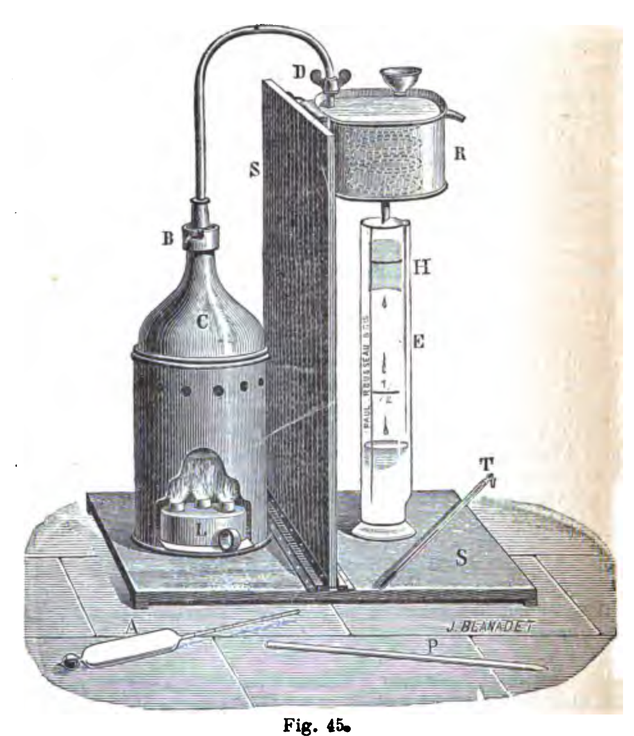


Fig. 45.

Alambic Rousseau et Lelièvre.

ment ou l'*atténuation* de densité est considérable, plus la fermentation a été complète, plus la proportion d'alcool est grande.

Pour les mélasses on admet qu'un abaissement de 1° Baumé représente 1 litre 20 d'alcool par hectolitre de vin Soit 7° B. la densité initiale du mout et 1° 3 B. la densité finale du vin fermenté ; atténuation de densité 7° — 1.3 = 5.7. Teneur en alcool du vin 5.7 × 1.2 = 6 litres 84 par hectolitre.

2° *Par la distillation à l'alambic.* — On a constaté par de nombreux essais qu'en faisant bouillir le mout fermenté jusqu'à réduction des 2/3 de son volume, tout l'alcool était chassé.

Pour faire le dosage de l'alcool on introduit dans la chaudière d'un alambic de laboratoire (*alambic Salleron*, *alambic Rousseau et Lelièvre* (fig. 45) ou *un autre*, ou encore dans l'appareil Aubin, employé au dosage de l'ammoniaque, 200 cc. de mout préalablement neutralisé par du carbonate de potasse ; on y ajoute 100 cc. d'eau, et l'on distille le tement jusqu'à ce qu'on ait recueilli 200 cc. de liquide alcoolique que l'on mélange avec soin par retournement.

Avec un alcoomètre de précision divisé par 1/10 on prend le degré du liquide : on en détermine aussi la température, et la table suivante A, indique immédiatement la teneur en alcool. Soit 6° l'indication de l'alcoomèrre et 18° la température du liquide. La table indique que le liquide renferme 5°7 0/0 d'alcool.

Si l'alcoomètre avait marqué 6°2, on aurait négligé la décimale 2 pour chercher dans la colonne 6 où l'on trouve 5°7 ; puis on ajoute la fraction négligée, ce qui donne 5°7 + 0,2 = 5°9.

Au lieu d'alcoomètre, on peut se servir du réfractomètre Amagat dont nous parlerons plus loin à propos de l'épuisement des vinasses.

Il faut avoir bien soin de neutraliser les vins avant la distillation, autrement les acides volatils passeraient dans le liquide distillé et fausseraient les indications de l'alcoolmètre ou du réfractomètre.

Acidité des mouts et des vins. — L'acidité joue un très grand rôle en distillerie sur la marche de la fermentation et sur les rendements en alcool.

Dans la distillation de la mélasse et des betteraves, on emploie l'acide sulfurique pour intervertir le sucre. Comme il importe que la quantité d'acide employée ne soit ni trop forte ni trop faible, on doit doser l'acidité des mélanges. La fermentation terminée, on dose aussi l'acidité des vins, qui ne doit pas être sensiblement supérieure à celle des mouts, autrement ce serait l'indice de fermentations secondaires : lactique, acétique, etc., que l'on doit soigneusement éviter.

Dans la pratique on détermine l'*acidité totale* et on l'exprime soit en centimètres cubes de soude normale, soit en acide sulfurique monohydraté. Cette dernière évaluation est préférable,

Pour déterminer l'*acidité totale* on prélève 25 cc. de *mout* ou de *vins filtrés* qu'on introduit dans un verre à pied. A l'aide de la burette Pelle ou des burettes Gallois et Dupont (voir plus loin), on fait couler sur le vin, petit à petit, de la liqueur *acidimétrique Le Docte*, titrée de telle façon que 1 cc. employé par 25 cc. de mout ou de vins, représente 0 gr, 1 d'acide sulfurique monohydraté par litre.

Si le mout contient envrion 3 gr. d'acide par litre, on laisse tomber dans le verre à pied, rapidement et d'un seul jet, 25 à 28 cc. de liqueur titrée de soude ; on agite avec une baguette de verre et, à l'aide de l'agitateur, on porte une goutte du liquide sur une bande de papier tournesol sensible qui rougit. On continue goutte à goutte l'affusion de la liqueur sodique, jusqu'à ce que une goutte du liqu de sucré ou fermenté ne rougisse plus le papier tournesol. Si le papier de tournesol bleuissait trop fort, on aurait employé trop de liqueur sodique.

Soit 31 cc. 2 la quantité de liqueur sodique employée pour neutraliser le liquide ; ce liquide contient donc 3 gr. 12 d'*acidité exprimée en acide sulfurique par litre.*

En distillerie de betteraves, comme les mouts et les vins ne sont pas très colorés, on additionne les 25 cc. de mout de 2 ou 3 gouttes de *teinture sensible de phtaléïne*, qui communique au liquide une teinte laiteuse et blanchâtre ; après addition d'une quantité suffisante de liqueur acidimétrique, quand la saturation de l'acide est achevée le liquide se colore en rose vif ; on s'arrête.

Dosage séparé des acides acétique et lactique. — La présence des acides *acétique* et *lactique* indique une mauvaise fermentation. L'acide lactique se forme directement aux dépens du sucre sous l'influence du ferment lactique ; l'acide acétique prend naissance aux dépens de l'alcool formé, par suite d'une oxydation par l'oxygène de l'air.

On mesure 100 cc. de vins dont l'*acidité totale* est déterminée ; on distille jusqu'au quart du volume primitif ; on rétablit à 100 cc. le résidu de la distillation et on titre de nouveau comme précédemment. La perte en acidité représente la teneur en acides volatils (en acide acétique).

Soit 3 gr. 12 d'acidité totale
2 gr. 74 d'acidité après distillation

0 gr. 38 est la perte d'acidité.

Comme l'acide acétique est à l'acide sulfurique monohydraté comme 60 à 49, on a pour acide acétique $\frac{0.38}{x} = \frac{49}{60}$; $x = \frac{0.38 \times 60}{49} = 0.460$.

L'acidité des mouts sucrés doit être comprise entre 2 à 3 gr. par litre.

L'acidité des *vins* fermentés doit être comprise entre 3 à 3 gr. 50 par litre ; une acidité plus grande indique une mauvaise fermentation.

Quand l'acidité des vins est notablement plus élevée que celle des mouts, c'est généralement un signe qu'il n'y a pas eu assez d'acide sulfurique au début ; on en augmente la dose de 0 gr. 25 par litre

Sucres non fermentés. — Le liquide déféqué au sous-acétate de plomb et examiné au saccharimètre, ne doit produire aucune déviation. S'il y en a une, soit à droite, soit à gauche, c'est un signe que le vin contient des sucres non fermentés. On les détermine à l'aide de la liqueur Violette ou Fehling, comme nous l'avons déjà expliqué.

Si l'on fait le dosage par la liqueur cuivrique, sur le liquide tel quel, on a les sucres ou matières saccharifiées non fermentées ; si avant de faire le dosage, on chauffe le vin au bain-marie bouillant avec un peu d'acide, on a la somme des matières non fermentées, saccharifiées et non saccharifiées. La différence entre les deux dosages représente les matières qui avaient échappé à la saccharification ou à l'inversion.

Vinasses.

Dosage de l'alcool. — Les vinasses sont le résidu de la distillation des *vins*. On doit s'assurer qu'elles sont bien épuisées d'alcool. Cet essai a une grande importance ; parceque s'il n'est pas fait régulièrement et consciencieusement, on peut perdre beaucoup d'alcool dans les vinasses, sans qu'on s'en aperçoive.

On ne peut pas songer à doser l'alcool qui peut être contenu dans les vinasses, de la même manière que l'on dose celui qui est contenu dans les vins, parceque la proportion qu'elles en renferment est trop faible. Voici comment on doit procéder :

On prélève la vinasse au sortir de la colonne et on la tient bien fermée dans une bouteille jusqu'à refroidissement, pour éviter toute évaporation. On neutralise ensuite par le carbonate de potasse et on en distille 1 litre dans l'appareil Schlœsing ou mieux dans l'appareil Aubin, à serpentin ascendant, dont on se sert pour le dosage de l'ammoniaque. On recueille 100 cc. de liquide dans lesquels, étant donné le mode de distillation *per ascensum*, est concentré tout l'alcool contenu dans la vinasse. On prend le degré de ce liquide à l'aide d'un petit alcoomètre divisé en 1/10. La quantité d'alcool trouvée est divisée par 10, pour avoir la teneur alcoolique de la vinasse. Mais comme il n'est pas facile de construire un petit alcoomètre par 1/10

allant de 0 à 5° par exemple, on détermine l'alcool contenu dans le liquide distillé à l'aide du *réfractomètre.*

Cet instrument se compose essentiellement d'une cuve annulaire sur laquelle est adapté un prisme à faces de glace, faisant corps avec un tube central dans lequel on verse le liquide alcoolique, d'une lunette ou oculaire. d'un volet mobile que l'on règ e à volonté à l'aide de deux vis, et d'une échelle graduée sur laquelle se projette l'image de ce volet mobile, après avoir franchi le liquide hydroalcoolique au travers du prisme. Çette image est d'autant plus déviée que le liquide est plus riche en alcool. C'est cette déviation que l'on mesure sur l'échelle et qui s'y trouve traduite directement en degrés alcooliques.

Tel est en quelques mots le principe de la méthode.

La cuve annulaire remplie d'eau a pour but de compenser la correction nécessitée par les variations de température et de rendre la détermination du zéro complètement indépendante de celle-ci.

Pour faire un essai, on vérifie d'abord le zéro en remplissant d'eau la cuve et le prisme, on dirige ensuite l'instrument vers une source de lumière quelconque, bec de gaz ou lampe, et on regarde par l'oculaire. Si le trait vertical de l'image ne tombe pas exactement sur le zéro, on l'y amène au moyen des deux vis qui permettent de déplacer horizontalement le volet mobile dont l'image produit la ligne verticale qui sert à faire la lecture. On fait ensuite écouler l'eau qui remplit le prisme en ouvrant le robinet, on remplit ce prisme de liquide hydroalcoolique, puis on le laisse écouler en ouvrant le robinet; on recommence deux fois cette opération qui a pour but de rincer le prisme et on remplit une dernière fois avec le liquide restant. Regardant alors par l'oculaire de l'instrument, on lit de suite, sans difficulté, le degré cherché.

Soit par exemple 1° 6 le chiffre trouvé ; comme dans notre exemple de vinasse nous n'avons recueilli qu'un dixième du liquide mis en distillation, la vinasse contient donc $\frac{1.6}{10} = 0.16$ 0/0 d'alcool.

On peut aussi se servir de cet instrument pour doser l'alcool dans les vins. Pour cela on en distille 25 cc. dans l'alambic qui accompagne toujours cet instrument ; on ajoute quelques cc. d'eau ; on recueille dans une petite éprouvette environ 25 cc. de liquide distillé, on complète exactement les 25 cc. avec de l'eau distillée, on agite et l'on examine au réfractomètre. Le degré lu indique immédiatement la teneur centésimale du vin en alcool.

Il faut à peine 5 minutes ponr faire un dosage.

Acidité. — On la détermine sur 25 cc. de vinasse, comme nous l'avons indiqué pour les vins.

Sucres non fermentés. — Comme pour les vins.

Acidité des Flegmes.

Les flegmes devant ê re neutralisés avant la rectification, on en détermine l'acidité à l'aide d'une *liqueur alcaline* que l'on prépare en dissolvant 10 gr. de la soude ou de la potasse employée à cette neutralisation, pour faire 1 litre. On opère sur 100 cc. de flegmes dans un verre à pied, en se servant du procédé à la touche avec une bande de papier de *tournesol sensible*. Le nombre de C.C. de liqueur alcaline employée pour la neutralisation, représente le nombre de de fois 10 gr. de cette potasse ou de cette soude à employer par hectolitre de flegmes. Soit 15 cc. 3 la quantité de liqueur alcaline emplo ée pour ne traliser 100 cc. de flegmes.

15.3 × 10 = 153 gr. par hectolitre, et pour une rectification de 100 hect. = 15 kil. 300 de potasse.

On peut aussi doser l'acidité des flegmes en prenant comme indicateur la phtaléïne du phénol.

Remarque. — Pour obtenir une bonne rectification, on ne doit pas neutraliser entièrement l'acid té des flegmes.

Essai de la pureté des alcools.

L'alcool industriel imparfaitement rectifié remferme toujours des alcools homologues de l'alcool éthylique, en même temps que des acides ou de l'ammoniaque.

Pour s'assurer de la *neutralité absolue* de l'alcool, on verse quelques gouttes de réactif de Nessler dans 20 à 30 cc. d'alcool; s'il n'y a pas coloration, absence d'ammoniaque. Dans 50 cc. environ d'alcool, on verse quelques gouttes d'une solution de phtaléïne du phénol colorée avec une goutte de soude faible. S'il y a décoloration, l'alcool est acide ; si l'alcool au contraire prend une teinte rosée, il n'est pas acide.

Pour découvrir les alcools étrangers, on mélange l'alcool avec son vol me d'éther, puis on ajoute 2 fois ce volume d'eau. L'éther se sépare en entraînant les alcools étrangers que l'on peut caractériser après évaporation lente de l'éther.

Pour déceler la présence de l'alcool méthylique on a recours à la propriété de la méthylaniline de fournir, au contact d'agents oxydants, des matières colorantes v olettes, tandis que da s les mêmes conditions l'éthylaniline donne des substances couleur acajou. On attaque l'alcool par de l'iode et du phosphore amorphe ; les iodures

obtenus, mis en contact avec de l'aniline, donnent de l'iodure d'éthyle, et de l'iodure de méthyle, si l'alcool essayé renferme du méthylène. On isole les corps provenant de cette substitution, puis on les chauffe avec de l'azotate de cuivre. Si le produit de cette réaction donne une solution couleur acajou foncé, l'alcool essayé est pur; si cette nuance est violette, on peut être certain que l'alcool contient du méthylène. (Ch. Girard, d'après Post).

En chauffant à l'ébullition de l'alcool parfaitement rectifié avec son volume d'acide sulfurique monohydraté, la couleur ne change pas. Si l'alcool est impur ou mal rectifié, il se colore en brun rougeâtre, et la nuance est d'autant plus foncée que les impuretés sont plus abondantes.

C'est sur ce principe qu'est basé le *diaphanomètre Savalle.*

M. Gayon a indiqué un procédé très sensible pour déceler la présence des aldéhydes dans l'alcool, basé sur la coloration rose violacée qu'elles donnent dans une solution de fuschine décolorée par l'acide sulfureux. On dissout 1 gr. de fuschine dans 1 litre d'eau : on y ajoute ensuite 10 cc. de bisulfite de soude à 30° B.; quand la décoloration est achevée, on verse dans la solution 10 cc. HCl pur concentré.

Pour l'essai, on mélange 2 cc. de l'alcool à 50° avec 1 cc. du réactif. Si l'alcool ne contient pas d'aldéhyde, le liquide reste incolore ; dans le cas contraire il prend une teinte rose violacée d'autant plus intense que l'aldéhyde est plus abondante.

Recherche des aldéhydes par le diazosulfanilate de soude.

Voici comment on opère, suivant M. Guillemin (*Guide du Chimiste de distillerie et de sucraterie*).

On prépare les réactifs suivants :

1° Solution aqueuse de sulfanilate de soude à 100 gr. par litre ;

2° Solution aqueuse d'azotate de soude à 34 gr. par litre ;

3° Solution aqueuse d'acide chlorhydrique pur du commerce à 140 gr. par litre.

On opère avec 10 cc. de chacune des 3 solutions. On verse 2 dans 1 ; on mélange, puis on fait couler lentement ce mélange dans 3; on alcalinise légèrement avec une solution de potasse caustique. Si on verse avec précaution sur ce réactif quelques C.C. d'alcool renfermant une trace d'aldéhyde, on obtient presque instantanément une coloration rouge carmin, d'autant plus rapide et d'autant plus intense, que la proportion d'aldéhyde est plus considérable.

Recherche du furfurol par l'acétate d'aniline. — On met dans un tube à essai 2cc d'aniline pure et à peu près autant d'acide acétique cristallisable en ayant soin que le mélange reste incolore ou légèrement jaunâtre. On verse dessus quelques gouttes de l'alcool à essayer. S'il contient du furfurol il se produit presque immédiatement une coloration rouge-orange d'autant plus rapide et d'autant plus intense, que la proportion de furfurol est plus grande.

Recherche des impuretés de tête et de queue dans les alcools d'industrie. (Procédé Godefroy).

Les alcools mal rectifiés sont souillés par la présence de la plupart des impuretés contenues dans les flegmes.

Ces impuretés sont de deux espèces : les *produits de tête* qui, ayant un point d'ébullition inférieur à celui de l'alcool éthylique, passent avec l'alcool au commencement de la rectification ; les *produits de queue* qui, ayant un point d'ébullition supérieur à celui de l'alcool, passent dans l'alcool vers la fin de la rectification. Il n'y a réellement qu'au milieu de la rectification que l'alcool distille pur, sans mélange d'impuretés.

Cet alcool s'appelle *cœur* de rectification.

L'alcool *éthylique pur distille* à 78°4 de température.

Les *impuretés de tête* sont constituées spécialement par des aldéhydes et d'autres composés réducteurs, entre autres :

L'aldéhyde éthylique	$C^4H^4O^2$	qui bout à	21°
L'aldéhyde propionique	$C^6H^6O^2$	—	49°
L'aldéhyde isobutyrique	$C^8H^8O^2$	—	62°
L'éther	$(C^4H^5O)^2$	—	34°8
L'alcool méthylique	$C^2H^4O^2$	—	66°4
L'acétate de méthyle	$C^6H^6O^4$	—	56°
L'acétate d'éthyle	$C^8H^8O^4$	—	74°
L'acroléïne	$C^6H^4O^2$	—	52°

Les *impuretés de queue* sont surtout constituées par les alcools supérieurs plus fixes que l'alcool éthylique, des huiles et notamment par

L'alcool propylique	$C^6H^8O^2$	qui bout à	98°
— isopropylique	$C^6H^8O^2$	—	86°
— allylique	$C^6H^6O^2$	—	103°
— butylique normal	$C^8H^{10}O^2$	—	116°
— — de fermentation	$C^8H^{10}O^2$	—	108°
— amylique normal	$C^{10}H^{12}O^2$	—	137°
— exhylique	$C^{12}H^{14}O^2$	—	152°
— caprilique	$C^{16}H^{16}O^4$	—	237°

L'acide formique	$C^2H^2O^4$	—	100°
— acétique	$C^4H^4O^4$	—	120
— butyrique	$C^8H^8O^4$	—	160
— capryque	$C^{20}H^{20}O^4$	—	273
— caprylique	$C^{16}H^{16}O^4$	—	237°
L'acétal	$C^{12}H^{14}O^4$	—	104°
L'aldéhyde butyrique	$C^8H^8O^2$	—	95°
— valérique	$C^{10}H^{10}O^2$	—	110°
— caproïque	$C^{12}H^{12}O^2$	—	121°
Le furfurol	$C^{10}H^4O^4$	—	161°

Pour déceler ces impuretés, on les transforme par la benzine et l'acide sulfurique, en dérivés sulfoconjugués dont la présence se manifeste par une coloration plus ou moins foncée.

Voici comment on opère :

On verse dans un tube à essai 6 à 7cc de l'alcool à essayer ; on ajoute *une seule goutte* de benzine cristallisable pure ; on agite, on verse dans le mélange 6 à 7cc d'acide sulfurique pur à 66° et l'on agite de nouveau.

Produits de tête : — Si l'alcool renferme des produits de tête réducteurs, il se produit *aussitôt* une coloration qui peut varier du *jaune brun clair* au *noir* et qui fonce pendant quelques instants.

Avec l'alcool éthylique chimiquement pur, il ne se produit aucune teinte au début ; au bout de huit à dix minutes, il s'en produit une légèrement rosée.

Cette réaction est très sensible et permet de déceler *un millionième* de produits réducteurs, soit 1cc dans 1,000 litres.

Pour faire le dosage *quantitatif*, on opère par comparaison des teintes avec des solutions alcooliques d'aldéhyde acétique.

On peut aussi déceler les aldéhydes par le diazosulfanilate de soude, comme nous l'avons vu précédemment.

Produits de queue. — Pour rechercher les produits de queue, si les produits de tête n'existent pas, on fait bouillir le mélange quelques instants, puis on l'abandonne deux ou trois minutes. Avec l'alcool éthylique pur, il se produit une coloration faible jaune d'ocre. Avec l'alcool renfermant des produits de queue, on obtient une coloration franchement *brune*, à *fluorescence verte*, et d'autant plus foncée que ces produits sont plus abondants.

Si l'alcool renferme des produits de tête et des produits de queue, le mélange jaunit aussitôt l'addition de l'acide sulfurique, de sorte qu'il est difficile d'apprécier exactement, après l'ébullition, l'augmentation de teinte due à la présence des produits de queue. Cependant avec un peu d'habitude on y arrive.

Toutefois on peut éviter la difficulté de deux manières :

1° En transformant préalablement les produits de tête par l'amalgame de sodium.

2° Ou mieux en distillant l'alcool, et en étudiant à part les liquides recueillis au début, et ceux recueillis à la fin de l'opération. On recherchera les produits de tête dans les premiers, et les produits de queue dans les derniers.

Cette méthode est moins sensible pour doser les produits de queue que les produits de tête ; néanmoins elle permet de déceler 1/100.000 d'huiles.

Essai de la Levure.

On se contente ordinairement d'en déterminer le *pouvoir fermentescible.*

Pour cela on peut se servir du *Lévurodynamomètre* de M. F. Billet. (Voir *Bulletin de l'Association des Chimistes*, tome I, page 41).

Autre procédé. — On mélange 10 gr. de levure à 100 cc. d'une solution de sucre pur à 10 0/0, et on laisse fermenter pendant 24 heures à la température de 30° C. On dose par distillation l'alcool produit en un temps déterminé.

Autre procédé. — Il est plus simple d'effectuer la fermentation dans un ballon fermé par un tube à chlorure de calcium et pesé. D'après la perte de poids occasionnée par le dégagement de l'acide carbonique on calcule la proportion de sucre qui a fermenté en un temps donné, en se rappelant que 48.88 d'acide carbonique dégagé représente 100 de sucre interverti.

Caractères d'une bonne levure. — Elle doit être ferme et blanche pour la levure de grains, ambrée pour la levure de bière, d'un goût à peine acide et sans odeur de lait aigri (acide lactique), ou de fromage fermenté (acide butyrique).

Recherche de l'amidon. — La levure de grain renferme toujours de l'amidon que l'on peut doser en en saccharifiant 10 gr., comme nous l'avons expliqué précédemment à propos du dosage de l'amidon dans les grains.

La levure de bière ne doit pas en contenir ; mais quelquefois on lui en ajoute, par fraude.

On le constate, en examinant au microscope, une goutte de liquide obtenu en délayant dans 200 cc. d'eau environ, un morceau de levure gros comme un pois. Les cellules de levure apparaissent en petits globules arrondis, légèrement ovales et présentant presque toujours dans leur milieu une zone claire, tandis que les grains d'amidon se

présentent sous les formes suivantes: ovoïdes (*fécule de pommes de terre*); lenticulaires, sphériques ou polyédriques (*seigle, froment et orge*); ellipsoïdales (*haricots, pois, lentilles, avoine, etc.*)

Si préalablement on touche la goutte placée sous l'objectif, avec une baguette trempée dans une solution aqueuse d'iode, les grains d'amidon se présenteront dans le champ du microscope, avec la coloration noir-violet de l'iodure d'amidon.

Examen microscopique de la levure. — Il est bon d'examiner la levure au microscope pour déceler l'amidon et les ferments nocifs étrangers (ferments lactique, butyrique, acétique, etc.).

Pour reconnaître l'amidon, on opère comme nous venons de l'indiquer avec la teinture d'iode.

Les ferments nocifs ont l'aspect suivant :

Ferment lactique. — Bâtonnets un peu allongés, deux fois plus longs que larges et légèrement étranglés au milieu.

Ferment butyrique. — Bâtonnets un peu plus gros que les précédents, non étranglés au milieu, mais plutôt recourbés et à extrémités arrondies.

Ferment acétique. — Ce sont des bactéridies qu'on ne peut distinguer qu'avec des microscopes très puissants ; elles sont constituées par de petites cellules soudées les unes aux autres et formant comme une espèce de chaîne.

On doit aussi examiner au microscope les vins fermentés ou en fermentation pour y déceler les ferments nocifs.

On peut aussi doser dans la levure, l'*eau*, les cendres et l'azote ; mais ces dosages n'ont pas grand intérêt. L'essai de fermentation et l'examen microscopique suffisent généralement.

Eau. — On la détermine sur 10 gr. à l'étuve à la température de 100-105°.

Cendres. — On incinère 10 gr. de levure ; l'opération marche très facilement.

Matières organiques = 100 — (eau + cendre).

Azote. — On le dose sur 0 gr. 5 de levure, par la chaux sodée.

Cossettes de Macération.

On dose l'*eau*, le *sucre* et quelquefois l'*acidité*.

Eau. — On la dose sur 5 gr. de matière, à l'étuve à 110° C.

Sucre. — On peut opérer de la manière suivante :

a). On passe au hache-cossettes (fig. 20), environ 1 k. de cossettes convenablement échantillonnées. On presse la pulpe produite à l'aide d'une presse à vis (fig. 11 et 12), et on recueille le jus.

On en prélève, avec une pipette, 20 cc. que l'on introduit dans un ballon jaugé de 200 cc.; on y ajoute environ 1 gramme d'acide tartrique, puis environ 100 cc. d'eau et l'on chauffe le ballon au bain-marie à l'ébullition pendant 10 minutes. Après refroidissement, on ajoute environ 2 à 3 cc. de sous-acétate de plomb et on complète avec de l'eau au trait 200. On agite et on filtre. Dans le liquide filtré on ajoute une pincée de poudre de zinc pour précipiter l'excès de plomb, et on filtre de nouveau. De ce liquide filtré on remplit une burette Gay-Lussac ou Nugues, et l'on fait le dosage du sucre interverti sur 10 cc. de liqueur Violette dont 10 cc. correspondent à 0 gr. 05 de sucre cristallisable.

Soit 16 cc. 5 de liqueur sucrée employés pour réduire 10 cc. de liqueur de Viollette. On raisonne ainsi :

Si 16 cc. 5 contiennent 0 gr. 05 de sucre, 500 cc. correspondant à 100 cc. des jus extrait de la cossette (car on a 40cc. dans 200 ou 100 cc. dans 500) en contiendront $\frac{0.05 \times 500}{16.5} = 1.515.$

Sucre 0/0 de pulpe 1.515.

Mais si la cossette contient 95 0/0 de jus, ce qui est le cas habituel, la perte sera :

Sucre 0/0 de cossettes $\frac{1.515 \times 95}{100} = 1.439.$

Si la distillerie fait 90 de pulpes par 100 de betteraves, la perte en sucre pour 100 de betteraves sera $= \frac{1.439 \times 90}{100} = 1.295$, et 1 de sucre donnant 0,60 d'alcool à 100° la perte en alcool sera 0/0 de betteraves de $\frac{1.295 \times 60}{100} = 0.777.$

b) On pèse 40 grammes de cossettes que l'on introduit dans un ballon Pellet nouveau modèle utilisé pour le dosage direct du sucre dans la betterave et jaugé à 200 — 210cc, et l'espace du col compris entre 200 et 210cc divisé par 1/2 cc. On y ajoute ensuite environ 1 gr. d'acide tartrique concentré, puis de l'eau jusqu'au trait 200cc environ et même au-dessus. On chauffe 20 minutes au bain-marie bouillant pour achever l'inversion du sucre. On complète 200cc avec de l'eau et on laisse refroidir.

Par des essais précédents on doit connaitre approximativement la teneur en eau de la pulpe; soit 92 0/0 d'eau, et par conséquent 8 0/0 de marc; comme ce marc possède à peu près la même densité que l'eau, le volume de 40 gr. de cossettes occupera environ $\frac{8 \times 40}{100} = 3$cc 2.

Quand le ballon est complètement refroidi on affleure donc définitivement à 203cc, ou 203cc 5. On agite et on filtre ; le liquide est assez

clair pour que l'on puisse doser directement **le** sucre interverti au moyen de la liqueur Viollette.

Soit 17cc de ce liquide employés pour réduire 10cc de liqueur Viollette ; si 17cc contiennent 0 gr. 05 de sucre, 200cc au 40 gr. de pulpe en contiendront $\frac{0.05 \times 200}{1}$ et 100 gr. de pulpe en contiendront $\frac{0.05 \times 200 \times 100}{17 \times 40} = \frac{0{,}05 \times 500}{17} = 1.47.$

Acidité. — On traite 25 gr. de pulpe dans un verre à pied par 100cc environ d'eau distillée bouillante ; on agite et on laisse macérer environ une heure. Au bout de ce temps on ajoute dans le verre quelques gouttes de teinture sensible de phtaléïne, et l'on verse petit à petit dans le liquide, au moyen de la burette automatique, de la liqueur acidimétrique Le Docte, jusqu'à coloration rose persistante. Chaque C. C. de liqueur acidimétrique employé correspond à une acidité de 0 gr. 1 d'acide sulfurique monohydraté par kilogramme de pulpe. Si l'on a employé 37cc,6 de liqueur acidimétrique, la pulpe contient 3 gr. 76 d'acide sulfurique par kilogr.

Si le liquide est trop foncé, au lieu d'employer la phtaléïne, on fait le titrage acidimétrique à la touche, en se servant du papier de tournesol, comme nous l'avons indiqué pour les vins.

Pulpes de presses continues.

On dose l'*eau* et l'*acidité* comme pour les cossettes.

Sucre. — On suit la méthode précédente, décrite en *b*. Seulement comme les pulpes sont beaucoup plus riches en sucre que les cossettes, on en pèse seulement 20 gr. au lieu de 40, que l'on introduit dans le ballon Pellet de 200-210 cc.

Si la teneur en eau de la pulpe est de 80 0/0, soit 20 0/0 de marc, on jauge le liquide au trait 204 cc.

Soit 15 cc. de liqueur sucrée employée pour réduire 10 cc. de liqueur viollette.

Si 15 cc. contiennent 0 gr. 05 de sucre, 200 cc. ou 20 gr. de pulpe en contiendront $\frac{0.05 \times 200}{15}$ et 100 gr. en contiendront $\frac{0.05 \times 200 \times 100}{15 \times 20} = 3.33.$

Si l'on fait 45 0/0 de pulpe, cela fait une perte en sucre de $\frac{3.33 \times 45}{100} = 1.498$ par 100 kil. de betteraves.

Ou une perte en alcool à 100° pour 100 kil. de betteraves de $0.6 \times 1.498 = 0$ litres 898.

Conduite de la Fermentation dans le travail par les Acides.

La fermentation a une importance capitale en distillerie, surtout en distillerie agricole. C'est d'elle que dépend en grande partie, le rendement en alcool.

Pour conduire convenablement la fermentation, il faut apporter tous ses soins sur les points suivants :

1° **Propreté.** — La salle de fermentation doit être d'une propreté irréprochable. Les murs doivent être blanchis à la chaux. Le sol du rez-de-chaussée doit être en ciment ou en briques et fréquemment lavé à grande eau. Le plancher doit être à claire-voie et lavé énergiquement tous les jours à grande eau. Les cuves à fermenter, après chaque vidange doivent être nettoyées à la brosse de chiendent, lavées à grande eau, puis badigeonnées intérieurement avec du lait de chaux, ou avec de l'eau acidulée. Ces soins de propreté sont indispensables si l'on veut éviter absolument l'invasion des ferments nocifs qui viennent entraver, paralyser ou même quelquefois arrêter la fermentation alcoolique.

2° **Densité.** — La densité du mout n'est pas sans influence sur la fermentation et sur le rendement alcoolique.

Un mout de faible densité à une tendance aux fermentations secondaires et vicieuses, telles que les fermentations butyrique, lactique ou acétique. De plus, il est anti-économique, puisqu'il restreint considérablement le travail d'une usine.

Un mout trop épais ou trop dense fermente beaucoup plus difficilement; les cuves sont longues à tomber, et il reste toujours dans les vins une proportion notable de matières sucrées qui ont échappé à la fermentation, ce qui représente une perte quelquefois assez importante. Il y a donc des limites, variables suivant les circonstances, et suivant les matières mises en œuvre, entre lesquelles doit se maintenir la densité des mouts.

Pour la betterave, il n'y a pas à craindre de travailler à mouts trop denses. Les distillateurs de betteraves doivent donc s'appliquer à extraire le jus à la plus haute densité possible.

Pour le travail des mélasses par les acides, la densité de 7° B. paraît être celle qui est préférable.

Dans le travail des pommes de terre et des grains par le malt on peut faire des mouts beaucoup plus épais et atteignant 20° Brix.

Dans la conduite de la fermentation, on note toujours la densité au commencement et à la fin, puis on calcule le rendement probable en alcool d'après l'atténuation de la densité.

3° **Température.** — Plus les mouts sont épais, plus la température initiale de la fermentation doit être élevée. Mais comme par le travail même de la fermentation la température du mout s'élève constamment, il y a une limite qu'il n'est pas permis de dépasser. Il est de règle que la température dans les cuves ne doit jamais dépasser 32° C, et cela pour deux causes. La première c'est qu'au-dessus de cette température, la levure perd de son pouvoir fermentescible ; la seconde, c'est que le perte d'alcool par évaporation augmente rapidement avec l'élévation de température. On peut ajouter une troisième cause qui est la transformation partielle, au-dessus de cette température, de l'alcool en acide acétique.

La fermentation doit donc être commencée à une température telle qu'elle puisse s'achever au-dessous de 32° C. La température de 24 à 25° C. est celle qui convient le mieux pour le début de la fermentation, et avec des mouts de densité moyenne on termine sans avoir dépassé 32°. Mais si les mouts sont épais, il y a probabilité qu'on dépassera 32° ; alors dans ce cas, il faut recourir à la réfrigération des mouts en cours de fermentation, par un courant d'eau froide. Il n'est pas à conseiller de commencer à une température inférieure à 24°, parce qu'alors la fermentation languit et marche mal.

On voit par là, que si l'on veut se maintenir dans les limites vou ues de température pour un bon travail, il faut donner au mout une densité convenable.

4° **Acidité.** — C'est le point le plus important de la fermentation, celui dont dépend sa réussite ou son insuccès.

L'acide sulfurique est ajouté aux mouts dans un double but :

1° Pour la saccharification des matières amylacées des grains, de la pomme de terre, etc., lorsque cette saccharification ne se fait pas par le malt ; pour favoriser l'inversion du sucre cristallisable dans les mouts de betteraves, de mélasses, etc. La levure est sans action sur l'amidon, qui ne fermente qu'après avoir été transformé en glucose par les acides, ou en dextrose par le malt. Le sucre cristallisable ne fermente pas non plus directement ; il doit préalablement être transformé en sucre interverti ; la levure possède bien il est vrai, le pouvoir inversif, mais l'emploi de l'acide activant cette inversion rend les fermentations plus faciles et plus actives.

2° L'emploi de l'acide minéral a encore pour but de favoriser l'action de la levure et d'empêcher ou de détruire les ferments autres que le ferment alcoolique. La fermentation alcoolique ne se développe pas dans un milieu alcalin ou neutre, tandis que les ferments lactiques et butyriques, au contraire, s'y développent parfaitement.

On acidifie donc les mouts pour favoriser la fermentation alcoolique et empêcher le développement des autres ferments.

L'acide employé est ordinairement l'acide sulfurique. Les autres acides minéraux, surtout les acides chlorhydrique et azotique sont funestes aussi bien aux ferments alcooliques qu'aux autres. L'acide phosphorique pourrait être employé aussi bien que l'acide sulfurique : des raisons d'économie le font proscrire.

Parmi les acides organiques, l'acide lactique conviendrait bien pour activer la fermentation alcoolique, mais comme il n'empêche pas le développement des autres ferments, on le proscrit aussi.

L'acide sulfurique est donc employé principalement comme poison des ferments. Mais il serait aussi un poison du ferment alcoolique, si la proportion dans les mouts en était trop forte. Une acidité en acide sulfurique libre égale à 2 gr. 50 tuerait le ferment alcoolique lui-même.

Et cependant, dans les mouts de mélasse ou de betteraves, c'est ordinairement cette dose d'acide sulfurique que l'on emploie. Mais il faut bien se rendre compte que la plus grande partie de l'acide sulfurique ainsi employé déplace les acides organiques des mouts et se combine aux bases pour former des sulfates, de sorte que l'acidité de 2 gr. 50 par litre, que l'on s'efforce de donner aux mouts préparés pour la fermentation est constituée pour la plus grande partie par des acides organiques mis en liberté, et pour une faible partie, 1 gr. tout au plus, par de l'acide sulfurique libre. Cet excès d'acide sulfurique est suffisant pour tuer les ferments nocifs ou les empêcher de se développer, et n'est pas assez élevé pour avoir une influence funeste sur la fermentation alcoolique.

Un mout convenablement acidifié conserve son acidité initiale jusqu'à la fin de la fermentation.

Si au moment de la mise en fermentation, l'essai acidimétrique a révélé une acidité égale à 2 gr. 50 d'acide sulfurique monohydraté par litre, on ne doit pas trouver une acidité sensiblement supérieure dans les vins fermentés. Nous disons sensiblement supérieure parce que l'acidité doit être logiquement plus forte que dans le mout qui lui a donné naissance, à cause du développement d'acide succinique qui accompagne toujours la fermentation, d'après la théorie de Pasteur.

Un mout acidifié à 2 gr. 50 par litre devra donner un vin, si la fermentation a été régulière, dont l'acidité ne devra pas dépasser 2 gr. 80 ou 3 gr. au plus par litre. Si l'acidité est supérieure à 3 gr. par litre, c'est qu'il y a eu pendant la fermentation un développement anormal d'acides organiques qui ont été produits par les ferments nocifs. Ces acides organiques sont les acides lactique, butyrique

pectique, etc., engendrés au détriment du sucre par les ferments lactique, butyrique, par la pectase, etc.

Si les ferments secondeires se sont ainsi développés, on doit en conclure que la proportion d'acide sulfurique libre dans le mout était insuffisante. Le remede à un développement exagéré de l'acidité pendant la fermentation consiste donc dans l'emploi d'une plus forte quantité d'acide sulfurique au début.

Comme le développement anormal de l'acidité dans les vins se fait au détriment du sucre, par conséquent au détriment du rendement alcoolique, il est absolument nécessaire de déterminer l'acidité de chaque cuve, avant et après fermentation. Si cette acidité n'augmente pas, et que la fermentation marche bien, la dose d'acide sulfurique employée au début est bonne. Si, au contraire, l'acidité augmente beaucoup, il y a production d'acides organiques au détriment du sucre, il importe d'augmenter immédiatement la dose d'acide sulfurique employée à la confection des mouts, de l'augmenter tout d'abord de 0 gr. 25 par litre, c'est-à-dire de la porter de 2 gr. 50 par litre à à 2 gr. 75 ou 2 gr. 80, etc.

Si l'acidité n'augmentant pas, la fermentation traine en longueur, il pourrait se faire que la dose d'acide sulfurique employée soit trop forte et paralyse le développement du ferment alcoolique ; le remède, dans ce cas, consisterait à diminuer la quantité d'acide sulfurique.

On voit par ce qui précède combien est importante la détermination de l'acidité. Nous conseillons à tous les distillateurs, surtout aux distillateurs agricoles, de la déterminer rigoureusement à chaque cuve, au commencement, au milieu et à la fin de la fermentation.

Détermination de l'acidité. — Bien que nous ayons déjà indiqué comment on la détermine, nous croyons bien faire d'y revenir encore une fois.

La détermination de l'acidité est très facile, et le matériel nécessaire est des plus simples.

On prélève avec une pipette ou avec une mesurette 25cc de mout filtré que l'on verse dans un verre à pied, et on y ajoute deux gouttes de teinture sensible de phtaléïne. A l'aide d'une burette automatique Pellet, ou mieux Gallois et Dupont (fig. 46 et 47), on fait couler petit à petit dans le verre, en appuyant sur la pierre de Mohr, la liqueur acidimétrique Le Docte, et on agite constamment avec une baguette de verre ; on arrête l'affusion de la liqueur, quand le liquide du verre commence à se colorer en rose vif. On lit alors sur la burette le nombre de CC de liqueur acidimétrique employé. Chaque centimètre cube de liqueur employé représente 0 gr. 1 d'acide sulfurique



Fig. 46.

Fig. 47.

par litre de mout. Si donc on a employé 25cc,4 de liqueur acidimétrique pour neutraliser 25cc de jus, ce jus contient 2 gr. 54 d'acide sulfurique monohydraté H^2SO^4... (SO^3HO) par litre.

Quand les liquides sont colorés, on ne peut opérer comme nous venons de le décrire, parcequ'il est difficile de distinguer la coloration rose du mout ou du vin. On procède alors de la manière suivante :

Après chaque affusion de liqueur on porte avec l'agitateur une goutte du liquide contenu dans le verre, sur une bandelette de *papier de tournesol sensible*. Cette goutte d'abord acide produit sur le papier une teinte rouge ; au fur et à mesure que l'on fait tomber dans le verre la liqueur acidimétrique, la teinte devient de moins en moins rouge sur le papier. On s'arrête quand la goutte du liquide déposée sur le papier de tournesol n'en fait plus varier la teinte. On lit alors le nombre de cc. de liqueur acidimétrique employé pour reconnaître l'acidité du liquide.

Si on avait versé trop de liqueur acidimétrique, et si on avait dépassé le point de saturation, la goutte de liquide produirait une teinte bleue.

Fermentations secondaires ou vicieuses.

Les fermentations secondaires se développent quelquefois parallèlement à la fermentation alcoolique qu'elles entravent toujours, et elles ont toujours lieu au détriment du sucre ; elles diminuent parconséquent le rendement alcoolique.

Fermentation lactique — Cette fermentation due à un ferment spécial, le ferment lactique, dont nous avons parlé à propos de la levure, tranforme le sucre en acide lactique.

$$C^6H^{12}O^6 = 2C^3H^6O^3$$
$$(C^{12}H^{12}O^{12} = (2C^6H^6O^6)$$

Sucre — Acide lactique

Cette fermentation provient de la malpropreté des cuves et de l distillerie On la combat par la propreté et par l'emploi d'une dose plus forte d'acide sulfurique.

Fermentation butyrique. — La fermentation butyrique, que l'on reconnait à son odeur de beurre rance, est aussi provoquée par un ferment spécial. Elle transforme le sucre en acide butyrique, en acide carbonique et en hydrogène.

$$C^6H^{12}O^6 = 2CO^2 + C^4H^8O^2 + 4H.$$
$$(C^{12}H^{12}O^{12}) = (4CO^2 + C^8H^8O^4 + 4H)$$

Sucre — Acide carb. — Acide butyr. — Hydrogène

Cette fermentation provient de la malpropreté, du travail de matières altérées, et de l'emploi d'une trop faible proportion d'acide sulfurique.

Fermentation acétique. — Cette fermentation due aussi à un ferment spécial, transforme, par oxydation, l'alcool déjà formé en acide acétique.

$$C^2H^6O + 2O = C^2H^4O^2 + H^2O$$
$$(C^4H^6O^2 + 4O) = (C^4H^4O^4 + 2HO)$$

Alcool — Acide acétique

Elle provient, comme les autres, de la malpropreté des cuves, d'une température trop élevée pendant la fermentation, et lorsque la fermentation dure trop longtemps.

Fermentation nitreuse. — Cette fermentation n'a lieu que dans le travail des mélasses et de la betterave. Elle est engendrée par les nitrates contenus dans ces matières. Elle est caractérisée par un dégagement de bioxyde d'azote qui se transforme au contact de l'air en vapeurs nitreuses. Le dégagement de bioxyde d'azote est probablement dû à la réduction des nitrates causée par l'hydrogène mis en liberté par le ferment butyrique. Il en résulterait que cette fermentation serait liée à la fermentation butyrique.

$$AzHO^3 + C^6H^{12}O^6 = AzO + 2CO^2 + C^4H^8O^2 + 2H^2O + H$$
$$AzO^5HO + C^{12}H^{12}O^{12} = AzO^2 + 4CO^2 + C^8H^8O^4 + 4HO + H$$

Acide azotique — Sucre — Bioxyde d'azote — Acide butyrique

On combat cette fermentation, qui est très mauvaise, par la propreté des cuves d'abord, et l'addition d'une plus forte proportion d'acide sulfurique et de levure.

On peut aussi mélanger les betteraves ou les mélasses nitreuses avec d'autres qui ne le sont pas. Quand aucun de ces moyens ne réussit, il faut avoir recours à l'ébullition de la mélasse ou du jus, avec de l'acide sulfurique, pour décomposer les nitrates et tuer le ferment butyrique.

A

Table indiquant le nombre de litres d'alcool à 100° centésimaux contenus par hectolitre de liquide distillé ayant une température comprise entre 5° et 30° ramené à 15° centigrades.

Température.	Degrés de l'alcoomètre.											
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	13
5°	1.4	2.5	3.5	4.5	5.5	6.6	7.7	8.7	9.8	10.9	12.1	13.2	14.4
6°	...	...	...	...	...	...	...	...	...	....	....	13.1	14.3
7°	...	...	...	...	...	...	...	...	...	....	....	13	14.2
8°	...	...	...	...	...	...	...	...	...	....	....	13	14.1
9°	...	...	...	...	...	...	...	...	...	....	....	22.9	14
10°	1.4	2.4	3.4	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.6	11.7	12.7	13.8
11°	1.3	2.4	3.4	4.4	5.4	6.4	7.4	8.4	9.4	10.5	11.6	12.6	13.6
12°	1.2	2.3	3.3	4.3	5.3	6.3	7.3	8.3	9.3	10.4	11.5	12.5	13.5
13°	1.2	2.2	3.2	4.2	5.2	6.2	7.2	8.2	9.2	10.3	11.4	12.4	13.4
14°	1.1	2.1	3.1	4.1	5.1	6.1	7.1	8.1	9.1	10.2	11.2	12.2	13.2
15°	**1.0**	**2.0**	**3.0**	**4.0**	**5.0**	**6.0**	**7.0**	**8.0**	**9.0**	**10.0**	**11.0**	**12 0**	**13.0**
16°	0.9	1.9	2.9	3.9	4.9	5.9	6.9	7.9	8.9	9.9	10.9	11.9	12.9
17°	0.8	1.8	2.8	3.8	4.8	5.8	6.8	7.8	8.8	9.8	10.8	11.7	12.7
18°	0.7	1.7	2.7	3.7	4.7	5.7	6.7	7.7	8.7	9.7	10.7	11.6	12.5
19°	0.6	1.6	2.6	3.6	4.5	5.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.4	12.4
20°	0.5	1.5	2.4	3.4	4.4	5.4	6.4	7.3	8.3	9.3	10.3	11.2	12.2
21°	0.4	1.4	2.3	3.3	4.3	5.2	6.2	7.1	8.1	9.1	10.1	11.0	11.9
22°	0.3	1.3	2.2	3.2	4.1	5.1	6.1	7.0	7.9	8.9	9.9	10.8	11.7
23°	0.1	1.1	2.1	3.1	4.0	4.9	5.9	6.8	7.8	8.7	9.7	10.6	11.5
24°	0.0	1.0	1.9	2.9	3.8	4.8	5.8	6.7	7.6	8.5	9.5	10.4	11.3
25°	...	0.8	1.7	2.7	3.6	4.6	5.5	6.5	7.4	8.3	9.3	10.2	11.1
26°	...	0.7	1.6	2.6	3.5	4.4	5.4	6.3	7.2	8.1	9.0	9.9	10.8
27°	...	0.5	1.5	2.4	3.3	4.3	5.2	6.1	7	7.9	8.8	9.7	10.6
28°	...	0.3	1.3	2.2	3.1	4.1	5.0	5.9	6.8	7.7	8.6	9.5	10.3
29°	...	0.1	1.1	2.0	2.9	3.9	4.8	5.7	6.6	7.5	8.4	9.2	10.1
30°	...	0.0	0.9	1.9	2.7	3.7	4.6	5.5	6.4	7.3	8.1	9.0	9.8

A

Table indiquant le nombre de titres d'alcool à 100° centésimaux contenus par hectolitre de liquide distillé ayant une température comprise entre 5° et 30° ramené à 15° centigrades.

Température.	Degrés de l'alcoomètre.											
	14°	15°	16°	17°	18°	19°	20°	21°	22°	23°	24°	25°
5°	15.7	16.8	18	19.2	20.5	21.6	22.8	24.1	25.3	26.5	27.7	28.9
6°	15.6	16.7	17.8	19.0	20.3	21.4	22.5	23.7	25.0	26.1	27.3	28.1
7°	15.4	16.6	17.7	18.8	20.0	21.0	22.1	23.4	24.7	25.8	27.0	28.4
8°	15.3	16.4	17.5	18.6	19.7	20.7	21.8	23.0	24.2	25.4	26.6	27.7
9°	15.1	16.2	17.3	18.4	19.5	20.5	21.6	22.7	23.9	25.0	26.2	27.3
10°	14.9	16.0	17.0	18.1	19.2	20.2	21 5	22.4	23.5	24.6	25.8	26.9
11°	14.7	15.8	16.8	17.9	19.0	20.0	21.0	23.1	23.2	24.3	25.4	26.5
12°	14.6	15.6	16.6	17.6	18.7	19.7	20.7	21.8	22.9	24.0	25.1	26.1
13°	14.4	15.4	16.4	17.4	18.5	19.5	20.5	21.5	22.6	23.7	24.7	25.7
14°	14.2	15.2	16.2	17.2	18.2	19.2	20.2	21.2	22.3	23.5	24.3	25.3
15°	**14.0**	**15.0**	**16.0**	**17.0**	**18.0**	**19.0**	**20.0**	**21.0**	**22.0**	**23.0**	**24.0**	**25.0**
16°	13.9	14.9	15.9	16.9	17.6	18.7	19.7	20.7	21.7	22.7	23.7	24.7
17°	13.7	14.7	15.6	16.6	17.5	18.4	19.4	20.4	21.4	22.4	23.4	24.4
18°	13.5	14.5	15.4	16.3	17.3	18.2	19.1	20.1	21.1	22.0	23.0	24.0
19°	13.3	14.3	15.2	16.1	17.0	17.9	18.8	19.8	20.8	21.7	22.7	23.6
20°	13.1	14.0	14.9	15.8	16.7	17.6	18.5	19.5	20.5	21.4	22.4	3.3
21°	12.8	13.7	14.6	15.5	16.4	17.5	18.2	19.1	20.1	21.1	22.1	22.9
22°	12.6	13.5	14.4	15.3	16.2	17.0	17.9	18.8	19.8	20.7	21.6	22.5
23°	12.4	13.3	14.1	15.0	15.9	16.7	17.6	18.5	19.4	20.3	21.3	22.2
24°	12.2	13.1	13.9	14.8	15.7	16.5	17.4	18.2	19.1	20.0	21.0	21.8
25°	12.0	12.8	13.6	14.5	15.4	16.2	17.1	17.9	18.8	19.7	20.6	21.5
26°	11.7	12.6	13.4	14.2	15.1	15.9	16.7	17.6	18.5	19.4	20.3	21.2
27°	11.5	12.3	13.1	13.9	14.8	15.6	16.4	17.5	18.2	19.1	20.0	20.8
28°	11.2	12.0	12.8	13.6	14.4	15.2	16.0	16.9	17.9	18.8	19.6	20.5
29°	11.0	11.7	12.5	13.3	14.1	14.9	15.7	16.6	17.5	18.4	19.3	20.2
30°	10.7	11.5	12.3	13.0	13.8	14.6	15.4	16.3	17 .2	18.1	19.0	19.8

B

Composition des mélanges d'alcool et d'eau à la température de + 15 degrés.

Densité des mélanges à + 15°		Alcool			Contraction pour 1 volume contracté $\frac{D'}{D}-1$.
		en poids		en volume. —	
rapportée à celle de l'eau à 15°	engrammes ou poids de 1 lit d'eau	dans 1 litre.	dans 1 kilogr.	Degré de l'alcoom.	
	gr.	gr.	gr.		cent. cub.
10.000	999.13	0	0	0	
9.985	997.631	7.982	8.001	1	0.523
9.970	996.133	15.889	15.950	2	1.071
9.956	994.734	23.863	23.989	3	1.787
9.942	993.335	31.836	32.050	4	2.397
9.929	992.036	39.825	40.145	5	3.162
9.915	990.668	47.827	48.278	6	3.930
9.903	989.438	55.841	56.437	7	4.700
9.891	988.240	63.874	64.634	8	5.571
9.878	986.940	71.914	72.865	9	6.355
9.866	985.741	79.980	81.137	10	7.304
9.855	984.642	88.059	89.432	11	8.227
9.843	983.444	96.149	98.219	12	9.118
9.833	982.444	104.275	106.138	13	10.219
9.822	981.315	112.666	114.808	14	11.220
9.812	980.346	120.568	122.986	15	12.330
9.802	979.347	128.749	131.462	16	13.444
9.792	978.348	136.953	139.976	17	14.563
9.782	977.349	145.161	148.525	18	15.685
9.773	976.450	153.413	157.113	19	16.919
9.762	975.352	161.667	165.753	20	18.053
9.753	974.451	169.957	174.413	21	19.295
9.742	973.352	178.232	183.112	22	20.335
9.732	972.353	186.543	191.847	23	21.482
9.721	971.254	194.853	200.620	24	22.530
9.711	970.255	203.202	209.432	25	23.688
9.700	969.156	211.518	218.282	26	24.745
9.690	968.157	219.935	227.169	27	25.912
9.679	967.058	228.318	236.150	28	26.979
9.668	965.959	236.719	245.061	29	28.051
9.657	964.860	245.138	254.066	30	29.127
9.645	963.661	253.549	263.110	31	30.100
9.633	962.462	261.976	272.194	32	30.979
9.621	961.263	270.421	281.318	33	32.061
9.608	959.964	278.852	290.482	34	32.940
9.594	958.565	287.270	299.687	35	33.716
9.580	957.166	295.700	308.933	36	34.494
9.567	955.868	304.175	318.219	37	35.420
9.553	954.469	312.633	327.547	38	36.170
9.538	952.970	321.071	336.916	39	36.851

B

Composition des mélanges d'alcool et d'eau à la température de + 15 degrés.

Densité des mélanges à + 15°		Alcool.			Contraction pour 1 volume contracté $\frac{D'}{D}-1$.
		en poids.		en volume	
rapportée à celle de l'eau à 15°	en grammes ou poids de 1 lit d'eau	dans 1 litre.	dans 1 kilogr.	Degré de l'alcoom.	
		gr.	gr.		cent. cub.
9.523	951.471	329.521	346.328	40	37.350
9.508	949.973	337.982	355.781	41	38.220
9.491	948.274	346.383	365.277	42	38.692
9.474	946.576	254.792	374.816	43	39.165
9.457	944.877	363.209	384.398	44	39.642
9.440	943.179	371.634	494.023	45	40.117
9.422	941.380	380.027	303.691	46	40.388
9.403	939.482	388.385	413.403	47	40.745
9.385	937.683	396.790	423.160	48	41.115
9.367	935.885	405.202	432.962	49	41.490
9.348	933.987	413.576	442.807	50	41.753
9.329	932.088	421.955	452.698	51	41.918
9.309	930.090	430.292	462.635	52	42.173
9.289	928.092	438.632	472.617	53	42.327
9.268	925.994	446.927	482.646	54	42.370
9.248	923.995	455.271	492.720	55	42.525
9.227	921.997	463.568	502.842	56	42.563
9.206	919.799	471.866	513.010	57	42.613
9.185	917.701	480.164	523.225	58	42.657
9.164	915.603	488.411	533.431	59	42.581
9.141	913.305	496.656	543.801	60	42.520
9.118	911.007	504.899	554.221	61	42.448
9.096	908.809	513.085	564.569	62	42.263
9.072	906.411	521.267	575.090	63	42.076
9.049	904.213	529.446	585.532	64	41.888
9.027	901.914	537.623	596.090	65	41.701
9.003	899.517	545.793	606.764	66	41.512
8.980	897.219	553.901	617.353	67	41.206
8.956	894.821	562.002	628.061	68	40.899
8.931	892.323	570.098	638.892	69	40.591
8.907	889.923	578.122	649.630	70	40.160
8.882	887.427	586.139	660.493	71	39.733
8.856	884.830	594.082	671.408	72	39.781
8.831	882.332	602.081	682.375	73	38.751
8.805	879.734	610.706	694.194	74	38.198
8.779	877.136	617.916	704.470	75	37.642
8.752	874.439	625.745	715.597	76	36.963
8.726	871.841	633.635	726.778	77	36.401
8.699	869.143	641.440	738.014	78	35.716
8.671	866.345	649.158	749.306	79	34.910
8.645	863.748	657.012	760.653	80	34.397
8.617	860.950	664.778	772.144	81	33.644
8.589	856.153	672.453	783.605	82	32.827

B

Composition des mélanges d'alcool et d'eau à la température de + 15 degrés.

Densité des mélanges à + 15°		Alcool			Contraction pour 1 volume contracté $\frac{D'}{D} - 1.$
		en poids		en volume	
rapportée à celle de l'eau à 15°	en grammes ou poids de 1 lit. d'eau	dans 1 litre.	dans 1 kilogr.	— Degré de l'alcoomètre.	
	gr.	gr.	gr.		cent. cubes
8.560	855.255	680.032	795.122	83	31.884
8.531	852.358	687.593	806.696	84	30.936
8.502	949.460	695.137	818.328	85	29.985
8.472	846.463	702.579	830.017	86	28.907
8.442	843.465	709.999	841.764	87	27.822
8.411	840.368	717.314	853.571	88	26.611
8.379	837.171	724.607	865.543	89	25.397
8.346	833.874	731.608	877.362	90	23.802
8.312	830.477	738.582	889.346	91	22.201
8.277	826.980	745.434	901.393	92	20.471
8.242	823.483	752.249	913.497	93	18.728
8.205	849.786	758.849	925.667	94	16.733
8.167	815.900	765.314	937.897	95	14.602
8.128	812.093	771.642	950.489	96	12.334
8.086	807.896	777.637	962.545	97	9.682
8.040	803.400	783.284	974.961	98	6.63
7.995	798.804	789.762	988.680	99	3.450
7.947	794.700	794.000	1000.000	100	0.000

Nota. — Pour avoir la quantité d'alcool *en poids* (x) d'après la quantité en *volume* déterminée à l'alcoomètre (v), on prend dans la table la densité du mélange (D) et celle de l'alcool pur (d) et l'on effectue l'opération suivante : $x = v \frac{d}{D}$.

Pour avoir une quantité d'eau y, qui, ajoutée à 100 parties d'alcool marquant v degrés alcoométriques et possédant par conséquent la densité D, donnera un alcool marquant v' et d'une densité D' on effectuera l'opération suivante :

$$y = 100\left(D' \frac{v}{v} - D \right)$$

C

***Comparaison des aréomètres moins lourds que l'eau et densités à + 15° des mélanges d'eau et d'alcool contenant pour* 100 *volumes* n *volumes d'alcool absolu* (n = *degrés Gay-Lussac*).**

Degrés			Poids spécifique.	Degrés.			Poids spécifique.
Baumé.	Cartier.	Gay-Lussac.		Baumé.	Cartier.	Gay-Lussac	
10	10	0	1.000			35	0.960
		1	0.999			36	0.959
		2	0.997		16	37	0.957
		3	0.996			38	0.956
		4	0.994	17		39	0.954
11	11	5	0.993			40	0.953
		6	0.992		17	41	0.951
		7	0.990			42	0.949
		8	0.989	18		43	0.948
		9	0.988			44	0.946
12		10	0.987			45	0.945
	12	11	0.986		18	46	0.943
		12	0.984	19		47	0.941
		13	0.983			48	0.940
		14	0.982			49	0.938
		15	0.981	20	19	50	0.936
		16	0.980			51	0.934
13		17	0.979			52	0.932
	13	18	0.978	21	20	53	0.930
		19	0.977			54	0.928
		20	0.976			55	0.926
		31	0.975	22	21	56	0.924
		22	0.974			57	0.922
14		23	0.973			58	0.920
		24	0.972	23	22	59	0.918
	14	25	0.971			60	0.915
		26	0.970			61	0.913
		27	0.969	24	23	62	0.911
		28	0.968			63	0.909
15		29	0.967	25		64	0.906
		30	0.966		24	65	0.904
		31	0.965			66	0.902
	15	32	0.964	26		67	0.899
		33	0.963		25	68	0.896
16		33	0.962	27		69	0.893

Degrés.			Poids spécifique.	Degrés.			Poids spécifique.
Baumé.	Cartier.	Gay-Lussac.		Baumé.	Cartier.	Gay-Lussac.	
28	26	70	0.891	36	34	86	0.848
		71	0.888			87	0.845
29	27	72	0.886	37	35	88	0.842
		73	0.884	38	36	89	0.838
30	28	74	0.881			90	0.835
		75	0.879	39	37	91	0.832
31		76	0.876			92	0.829
	29	77	0.874	40	38	93	0.826
32		78	0.871	41		94	0.822
	30	79	0.868	42	39	95	0.818
33		80	0.865	43	40	96	0.814
	31	81	0.863	44	41	97	0.810
34		82	0.860	45	42	98	0.805
35	32	83	0.857	46	43	99	0.800
		84	0.854	47	44	100	0.795
	33	85	0.851	48			0.791

Nota. — Si la température est de 15° + n, il faut retrancher (0,4) n degrés alcoométriques pour avoir la richesse alcoolique. Il faut les ajouter au contraire si $t = 15° - n$.

D

TABLEAU DE MOUILLAGE

INDIQUANT LA QUANTITÉ D'EAU A EMPLOYER PAR HECTOLITRE D'ALCOOL, POUR LA RÉDUCTION DE DEGRÉS SUPÉRIEURS EN DEGRÉS INFÉRIEURS.

Degrés à réduire.	Degrés à obtenir.	Quantité d'eau à ajouter.	Degrés à réduire.	Degrés à obtenir.	Quantité d'eau à ajouter.	Degrés à réduire.	Degrés à obtenir.	Quantité d'eau à ajouter.	Degrés à réduire.	Degrés à obtenir.	Quantité d'eau à ajouter.
de	à	lit. déc.	de	à	lit. déc.	de	à	lit. déc.	de	à	lit. déc.
94°	38°	147.6	94°	77°	23.3	93°	59°	59.9	92°	42°	122.3
»	39	141.5	»	78	21.7	»	60	57.3	»	43	117.2
»	40	135.6	»	79	20.1	»	61	54.7	»	44	112.4
»	41	130.0	»	80	18.6	»	62	52.2	»	45	107.7
»	42	124.7	»	81	17.1	»	63	49.8	»	46	103.3
»	43	115.6	»	82	15.6	»	64	47.4	»	47	99.0
»	44	114.8	»	83	14.2	»	65	45.1	»	48	94.9
»	45	110.1	»	84	12.7	»	66	42.9	»	49	91.0
»	46	105.7	»	85	11.4	»	67	40.8	»	50	87.2
»	47	101.4	»	86	10.0	»	68	38.7	»	51	83.6
»	48	97.3	»	87	8.7	»	69	36.7	»	52	80.1
»	49	93.4	»	88	7.4	»	70	34.7	»	53	76.7
»	50	89.6	»	89	6.1	»	71	32.7	»	54	73.4
»	51	86.0	»	90	4.8	»	72	30.9	»	55	70.3
»	52	82.5	»	91	3.6	»	73	29.0	»	56	67.2
»	53	79.1	»	92	2.4	»	74	27.2	»	57	64.3
»	54	75.8	»	93	1.2	»	75	25.5	»	58	61.5
»	55	72.7				»	76	23.8	»	59	58.7
»	56	69.6	93°	38°	146.4	»	77	22.1	»	60	56.1
»	57	66.7	»	39	140.3	»	78	20.5	»	61	53.5
»	58	63.9	»	40	134.4	»	79	18.9	»	62	51.0
»	59	61.1	»	41	128.8	»	80	17.4	»	63	48.6
»	60	58.5	»	42	123.5	»	81	15.9	»	64	46.2
»	61	55.9	»	43	118.4	»	82	14.4	»	65	43.9
»	62	53.4	»	44	113.6	»	83	13.0	»	66	41.7
»	63	51.0	»	45	108.9	»	84	11.5	»	67	39.6
»	64	48.6	»	46	104.5	»	85	10.2	»	68	37.5
»	65	48.3	»	47	100.2	»	86	8.8	»	69	35.5
»	66	44.1	»	48	96.1	»	87	7.5	»	70	33.5
»	67	42.0	»	49	92.2	»	88	6.2	»	71	31.5
»	68	39.9	»	50	88.4	»	89	4.9	»	72	29.7
»	69	37.9	»	51	84.8	»	90	3.6	»	73	27.8
»	70	35.9	»	52	81.3	»	91	2.4	»	74	26.0
»	71	33.9	»	53	77.9	»	92	1.2	»	75	24.3
»	72	32.1	»	54	74.6	»			»	76	22.6
»	73	30.2	»	55	71.5	92°	38°	145.2	»	77	20.9
»	74	28.4	»	56	68.4	»	39	139.1	»	78	19.3
»	75	26.7	»	57	65.5	»	40	133.2	»	79	17.7
»	76	25.0	»	58	62.7	»	41	127.6	»	80	16.2

Degrés à réduire.	Degrés à obtenir.	Quantité d'eau à ajouter.	Degrés à réduire.	Degrés à obtenir.	Quantité d'eau à ajouter.	Degrés à réduire.	Degrés à obtenir.	Quantité d'eau à ajouter.	Degrés à réduire.	Degrés à obtenir.	Quantité d'eau à ajouter.
de	à	lit. déc.	de	à	lit. déc.	de	à	lit. déc.	de	à	lit. déc.
92°	81°	14.7	»	69°	34.3	90°	58°	59.1	89°	48°	90.2
»	82	13.2	»	70	32.3	»	59	56.3	»	49	86.3
»	83	11.8	»	71	30.3	»	60	53.7	»	50	82.6
»	84	10.3	»	72	28.5	»	61	51.1	»	51	79.0
»	85	9.0	»	73	26.6	»	62	48.6	»	52	75.5
»	86	7.6	»	74	24.8	»	63	46.2	»	53	72.2
»	87	6.3	»	75	23.1	»	64	43.8	»	54	69.0
»	88	5.0	»	76	21.4	»	65	41.5	»	55	65.9
»	89	3.7	»	77	19.7	»	66	39.3	»	56	62.9
»	90	2.4	»	78	18.1	»	67	37.2	»	57	60.0
»	91	1.2	»	79	16.5	»	68	35.1	»	58	57.2
			»	80	15.0	»	69	33.1	»	59	54.4
91°	38°	144.0	»	81	13.5	»	70	31.1	»	60	51.8
»	39	137.9	»	82	12.0	»	71	29.1	»	61	49.3
»	40	132.0	»	83	10.6	»	72	27.1	»	62	46.8
»	41	126.4	»	84	9.1	»	73	25.4	»	63	44.4
»	42	121.1	»	85	7.8	»	74	23.6	»	64	42.1
»	43	116.0	»	86	6.4	»	75	21.9	»	65	39.8
»	44	111.2	»	87	5.1	»	75	20.2	»	66	37.6
»	45	106.5	»	88	3.8	»	77	18.5	»	67	35.5
»	46	102.1	»	89	2.5	»	78	16.9	»	68	33.4
»	47	97.8	»	90	1.3	»	79	15.3	»	69	31.4
»	48	93.7				»	80	13.8	»	70	29.5
»	49	89.8	90°	38°	142.8	»	81	12.3	»	71	27.5
»	50	86.0	»	39	136.7	»	82	10.8	»	72	25.7
»	51	82.4	»	40	130.8	»	83	9.4	»	73	23.9
»	52	78.9	»	41	125.2	»	84	7.9	»	74	22.1
»	53	75.5	»	42	119.9	»	85	6.6	»	75	20.4
»	54	72.2	»	43	114.8	»	86	5.2	»	76	18.7
»	55	69.1	»	44	110.0	»	87	3.9	»	77	17.1
»	56	66.0	»	45	105.3	»	88	2.6	»	78	15.5
»	57	63.1	»	46	100.9	»	89	1.3	»	79	13.9
»	58	60.3	»	47	96.6				»	80	12.4
»	59	57.5	»	48	92.5	89°	38°	140.0	»	81	10.9
»	60	54.9	»	49	88.6	»	39	133.9	»	82	9.4
»	61	52.3	»	50	84.8	»	40	128.1	»	83	8.0
»	62	49.8	»	51	81.2	»	41	122.6	»	84	6.6
»	63	47.4	»	52	77.7	»	42	117.3	»	85	5.2
»	64	45.0	»	53	74.3	»	43	112.3	»	86	3.9
»	65	42.7	»	54	71.0	»	44	107.5	»	87	2.6
»	66	40.5	»	55	67.9	»	45	102.9	»	88	1.3
»	67	38.4	»	56	64.8	»	46	98.5			
»	68	36.3	»	57	61.9	»	47	94.3	88°	38°	137.1

Degrés à réduire.	Degrés à obtenir	Quantité d'eau à ajouter.	Degrés à réduire.	Degrés à obtenir.	Quantité d'eau à ajouter.	Degrés à réduire.	Degrés à obtenir.	Quantité d'eau à ajouter.	Degrés à réduire.	Degrés à obtenir.	Quantité d'eau à ajouter.
de	à	lit. déc.	de	à	lit. déc.	de	à	lit. déc.	de	à	lit. déc.
88°	39°	131.1	88°	56°	60.9	88°	73°	22.3	87°	39°	128.4
»	40	125.4	»	57	58.0	»	74	20.6	»	40	122.7
»	41	120.0	»	58	55.3	»	75	18.9	»	41	117.3
»	42	114.7	»	59	52.6	»	76	17.2	»	42	112.2
»	43	109.8	»	60	50.0	»	77	15.6	»	43	107.4
»	44	105.0	»	61	47.4	»	78	14.0	»	44	102.6
»	45	100.5	»	62	45.0	»	79	12.5	»	45	98.1
»	46	96.1	»	63	42.6	»	40	11.0	»	46	93.1
»	47	92.0	»	64	40.3	»	81	9.5	»	47	89.7
»	48	88.0	»	65	38.1	»	82	8.1	»	48	85.7
»	49	84.1	»	66	35.9	»	83	6.6	»	49	81.9
»	50	80.4	»	67	33.8	»	84	5.3	»	50	78.2
»	51	76.9	»	68	31.8	»	85	3.9	»	51	74.7
»	52	73.4	»	69	29.8	»	86	2.6	»	52	71.3
»	53	70.1	»	70	27.9	»	87	1.3	»	53	68.1
»	54	69.9	»	71	20.6				»	54	64.9
»	55	63.9	»	72	24.1	87°	38°	134.3	»	55	61.9

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

I

Tableaux de contrôle du travail.

Surveillance générale.

Contrôle chimique.

II

Documents relatifs à la chimie.

Thermométrie et chaleur.

Dilatation.

Barométrie.

Aréométrie et densités.

Saccharimétrie optique.

Saccharimétrie chimique.

Divers.

DEUXIÈME PARTIE

Guide pratique du chimiste de sucrerie.

CHAPITRE I.

Analyse de la betterave.

CHAPITRE II

Observations sur l'emploi du saccharimètre.

CHAPITRE III

Contrôle chimique de la fabrication du sucre.

CHAPITRE IV

Prise en charge du sucre contenu dans la masse cuite 1er jet et dans la mélasse.

CHAPITRE V

Analyse des sucres.

CHAPITRE VI

Analyse des différents produits en cours de fabrication en vue de la qualité du travail.

CHAPITRE VII

Dosage du sucre cristallisable, du sucre interverti et du glucose par les liqueurs cuivriques.

CHAPITRE VIII

Analyse des sucrates.

CHAPITRE IX

Analyses diverses.

CHAPITRE X

Analyse des produits employés dans la fabrication du sucre.

CHAPITRE XI

Réactifs et liqueurs titrées.

TROISIÈME PARTIE

Notes pratiques de sucrerie.

CHAPITRE I

Conduite de la diffusion.

CHAPITRE II

Chaulage des jus et conduite de la première carbonatation.

CHAPITRE III

Deuxième carbonatation.

CHAPITRE IV

CHAPITRE V

CHAPITRE VI

CHAPITRE VII

CHAPITRE VIII

CHAPITRE IX

CHAPITRE X

Générateurs.

CHAPITRE XI

Analyse des eaux.

CHAPITRE XII

Épuration des Eaux.

QUATRIÈME PARTIE

Analyses relatives à la canne à sucre et à la fabrication du sucre de canne.

CINQUIÈME PARTIE

Distillerie et alcoométrie.

I

Généralités.

II

Dosage des principes fermentescibles dans les matières employées en sucrerie.

III

Alcoométrie.

Compiègne. — Imprimerie HENRY LEFEBVRE, rue Solferino, 31.

Brix of H. Juice . 16
" S " 12

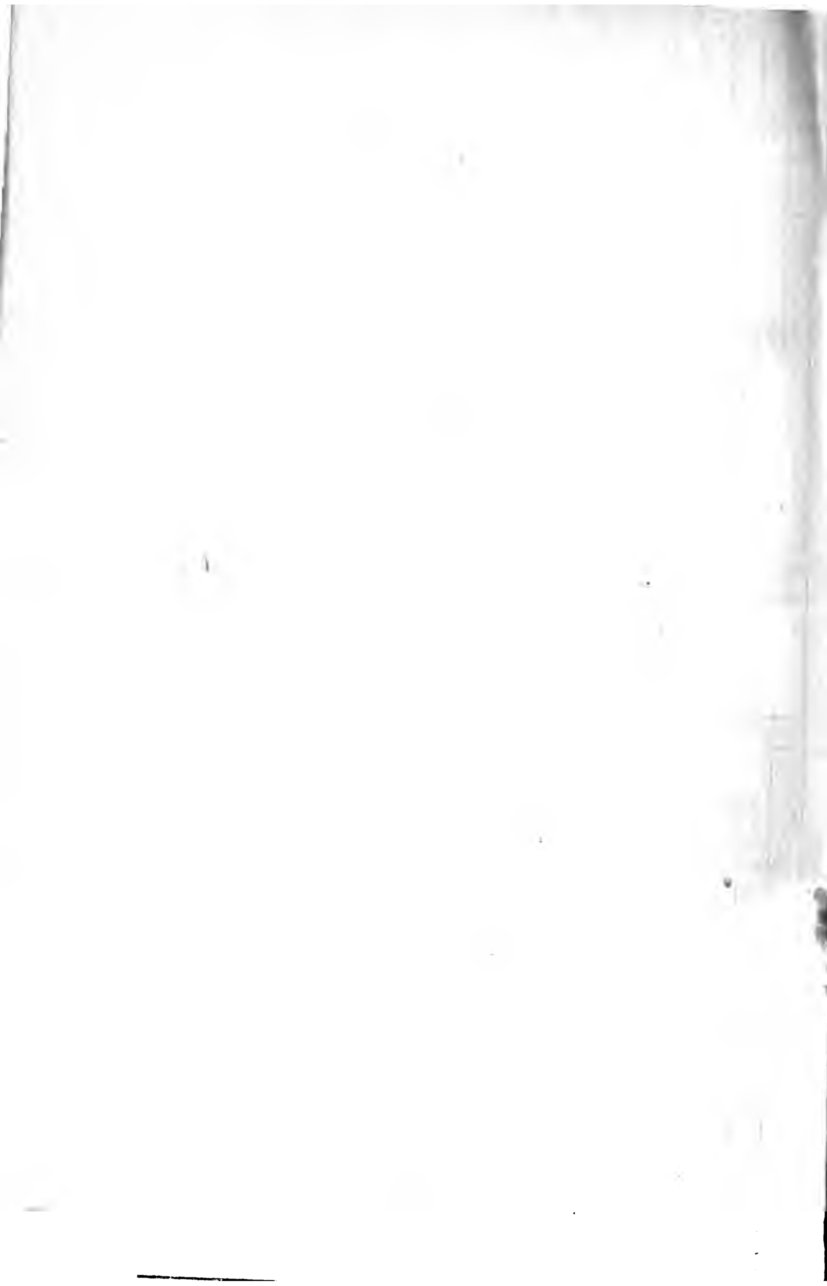
12 / 4
33,3 3.6

4,0
16 133 1/3 2
12 40
4
1596
16,00

Memo. of Comp. Copies of Hand Book for Beet Sugar Chemists.

Secy of Agriculture.
H. W. Wiley. 2
E. E. Ewell 3
Walter Maxwell 4
Gallois & Dupont
Dr McMurtrie 5
Dr Woodman.
H. A. Huston





JOURNAUX ET REVUES

RECOMMANDÉS

Bulletin de l'Association des Chimistes de sucrerie et de distillerie de France et des Colonies. Paraît le 15 de chaque mois. Rédacteur en chef M, F. Dupont, chimiste, 37, rue de Dunkerque, Paris. Abonnement 20 fr. par an pour tous pays. Les Membres de l'Association reçoivent le *Bulletin* gratis. Pour se faire admettre Membre de l'Association, adresser son adhésion à M. F. Dupont. Secrétaire de l'Association et rédacteur en chef du *Bulletin*.

La Sucrerie Indigène et Coloniale, hebdomadaire, paraît le Mardi. Directeur-Gérant, H. Tardieu, 10, rue de Louvois, Paris. Abonnement : France, 25 fr. Etranger, 28 fr.

Le Journal des Fabricants de Sucre, hebdomadaire, paraît le mercredi. Directeurs-Gérants, B. et G. Dureau, 160, boulevard Magenta, Paris. Abonnement : France, 25 fr. Etranger, 30 fr.

La Sucrerie Belge, paraissant les 1er et 15 de chaque mois Directeur, V. Beauduin ; Gérant, L. Levasseur, 3, boulevard du Nord, à Bruxelles. Abonnement : Belgique, 15 fr. Etranger, 16 fr.

Bulletin de l'Association Belge des Chimistes, trimestriel. Rédacteur en chef, F. Sachs, à Gembloux, Belgique. Abonnement : 10 fr.

Journal de la Distillerie Française, hebdomadaire. Directeur-Gérant, E. Durin, 67, rue de Richelieu, Paris. Abonnement : 25 fr.

Revue Universelle de la Distillerie, hebdomadaire. Directeur-Gérant, J. Paul Roux. Bureaux, 53, rue Vivienne, Paris et 26, rue de l'Enseignement, Bruxelles. Abonnement : France et Belgique, 15 fr., autres pays 18 fr.

Moniteur Scientifique du Dr Quesneville, mensuel. 12, rue de Buci, Paris. Abonnement : France, 20 fr. Etranger, 25 fr.

Moniteur Industriel, hebdomadaire. Directeur, JULES DE MEEUS. Rédacteur en chef, EL. Bureaux, Paris, 14, rue de Saint-Pétersbourg, Bruxelles, 102, boulevard Anspach. Abonnement: France et Belgique 25 fr. Union postale 30 francs.

Revue Universelle des Progrès de la fabrication du sucre, par F. SACHS. ingénieur, à Gembloux (Belgique). Abonnement: 25 fr.

Journal de l'Agriculture, fondé par J. A Barral. Rédacteur en chef, M. HENRY SAGNIER, bi-hebdomadaire. Abonnement: France, 20 fr.; Etranger, 22 fr. Bureau, 2, carrefour de la Croix-Rouge, Paris.

Le Génie Civil, revue générale hebdomadaire des industries françaises et étrangères. Directeur-Gérant, et Rédacteur en chef, MAX DE NANSOUTY, 6, rue de la Chaussée-d'Antin, Paris. Abonnement: Paris, 36 fr. Département, 38 fr. Union postale, 40 fr.

Chronique Industrielle, hebdomadaire. Directeur, D.-A. CASALONGA, 15, rue des Halles, Paris. Abonnement: France et Belgique, 25 fr. Union postale, 30 fr.

Le Bulletin agricole, 83 bis, rue Lafayette, Paris, hebdomadaire, 10 fr. par an. Directeur A. DUBAELE.

Répertoire de pharmacie, Directeur C. CRINON, 45, rue de Turenne, Paris. Mensuel, 8 fr. par an.

Revue de Chimie Industrielle et Agricole. Rédacteur en chef A. VILLON, 45, quai des Grands-Augustins, Paris. Hebdomadaire, 12 fr. par an.

Bulletin de la Société des Etudes Coloniales et Maritimes, 18, rue Daunon, Paris Mensuel, 12 fr. par an.

Le Travail National, 26, boulevard des Italiens, Paris, hebdomadaire, 12 fr. par an.

L'Engrais, 11, rue Nicolas Leblanc, à Lille, hebdomadaire 25 fr. par an.

Le Bulletin de l'Association amicale, des anciens élèves de l'Institut du Nord, rue Faidherbe, à Lille (Nord).

Revue Médico-Pharmaceutique. Directeur M. PIERRE APÉRY, à Constantinople. Mensuel, 8 fr. par an.

Bulletin de la Société Industrielle du Nord de la France, à Lille (Nord).

Neue Zeitschrift für Rubenzucker-Industrie, hebdomadaire. Directeur Dr SCHEIBLER, 6, Buchentrasse, à Berlin. Abonnement: 25 marks. Etranger, 27 marks.

Zeitschrift des Vereins für die Rübenzucker-Industrie der Deutschen Reichs, mensuelle. Directeur KARL STAMMER, 34, Maassen Street, Berlin. Abonnement : 45 M.

Zeitschrift für Zuckerindustrie, in Bœhmen. Rédacteur-Directeur Dr K NEVOLE, Heinrichstrasse, Prague.

Chemiker Zeitung, Central-Organ Chemiker, Techniker, fabricanten, etc., muit dem. Supplément : Chemisches Repertorium. Directeur Dr KRAUSE, in Cothen Allemagne, hebdomadaire. Abonnement : 25 M.

The Sugar Cane, mensuel. Directeur HENRY THORP, Ducie Chambers, 57, Market Street, à Manchester (Angleterre). Abonnement: 12 sch.

The Sugar Beet, mensuel, Directeur LEVIS S. WARE, 810, Valnut Street, à Philadelphia, E. U. Abonnement 4 dollars.

The Louisiana Planter and Sugar Manufacturer, 41, Nortk Peters Street New-Orléans Louisiana R. N. Hebdomadaire. Abonnement : 3 dollars, Union postale 4 dollars.

The Sugar Bowl and Form Journal, New-Orléans, *La* E. U. Hebdomadaire, 3 dollars.

La Gazzetta Chimica 'Italiana, mensuelle. Directeur E. PATERNO, professeur à l'Université de Palerme. Abonnement ; 20 fr.

Le Stazioni sperimentali agrarie italiane, organo delle stazioni agrarie e dei laboratori di chimica agraria del regno. Directeur MARIO ZECEHINI, Directore della R. Stazione enologica à Asti (Italia). Paraît tous les deux mois. Abonnement : 12 fr. Etranger, 15 fr.

Zapiski : Bulletin de la section sucrière de la *Société impériale technique* de la Russie, rédacteur : T. LONATCZENSKY, rue Bolschaia Wladimirskaja, maison Tamara, à Kieff. Bi-mensuel, abonnement ; 15 fr.

Dodotek do Dzialu. Curcrowniczego, Przegladu. Cechnicznego, à Varsovie, 3 fois par mois, 12 roubles.

Revista de agricultura, Boletin officiel de circulo de Hacendados de la isla de Cuba. Directeur M. GABRIEL DE CASTRO PALOMNO. Rédacteur en chef, J.-B. Jimenez, 22, Mercadères, Habana, bebdomadaire, 25 fr. par an.

La Agricultura de Guatemala, Directeur, ADOLFO VENDREL, 6, novena avenida Norte à Guatemala.

COURTIERS EN SUCRE

DE LA PLACE DE PARIS

MM. **Albert**, 62, rue Richelieu.
Amiot, 61, rue Tiquetonne.
Ballon, 19, rue Bellefond.
Bivort, 16. rue de Grammont.
Bloch et Crémieux, 48, rue Cambon.
Bodson et Heycke, 17, rue Choiseul.
Debayser frères, 44, rue du Louvre.
Bouvelet, 88, rue de Rivoli.
Devos, 47, rue Paradis-Poissonnière.
Dumont (Giard), 19, rue de la Banque.
Fleig, 22, rue de l'Arbre Sec.
Franck René, 6, place Valois.
Gilbert, 2, rue des Colonnes.
Goux, 2, rue de Compiègne.
Lallouette, 127, rue Lafayette.
Lamboi frères, 74, rue Jean-Jacques-Rousseau,
Ch. Lamboi, 57, rue Vivienne.
Lefebvre et Dupire, 42, rue du Louvre.
Legrand, 266, boulevard Saint-Germain.
Leprou et Greffier, Bourse du Commerce.
Lesparda (de) et de Thorey, 63, rue de Provence.
Lory, 10, boulevard de Strasbourg.
Macqueron, 19, rue de la Banque.
Pamard Jules, 12, cité Trévise.
Pélisse, 25, faubourg Montmartre.
Pellereau, 9, place de la Bourse.
Poirot, 16, rue de Flandre.
Potet et Maillard, 83, rue Lafayette.
Proust, 57, boulevard Beaumarchais.
Schwabe, 64, rue Tiquetonne.
Siltz, 60, rue de Richelieu.
Tacher Léon, 89, rue de Richelieu.

OUVRAGES RECOMMANDÉS

En vente chez MM. GALLOIS et DUPONT

37, RUE DE DUNKERQUE, PARIS

ARMENGAUD JEUNE (Ch.) — **Guide de mécanique pratique.** — 10e édition. — Prix : 4 fr ; franco, 4 fr. 35.

ASSOCIATION DES CHIMISTES. — **Achat des betteraves à la densité**, par plusieurs membres de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie. Prix 25 centimes ; cent exemplaires 15 fr. : mille exemplaires 100 fr.

— **Guide pour le dosage de l'azote et de la potasse dans les engrais**, par une commission de chimistes. — Prix : 50 cent.